DIE NATURWISSENSCHAFTEN

17. Jahrgang | 26. Juli 1929 | Heft 30

Spirochäten und Nervensystem[1].

Von F. JAHNEL, München.

(Aus der Deutschen Forschungsanstalt für Psychiatrie, Kaiser Wilhelm-Institut.)

Unter Spirochäten versteht man mikroskopisch kleine, spiralig gewundene Organismen mit schraubenförmiger Beweglichkeit. Sie gehören zu den niedersten Lebewesen, und es ist eine Zeit lang viel darüber debattiert worden, ob sie in das Pflanzenreich oder in das Tierreich einzureihen, als Bakterien oder Protozoen anzusehen seien. Schließlich hat man sich wenigstens vorläufig auf einen vermittelnden Standpunkt geeinigt, daß sie gewissermaßen ein Bindeglied zwischen pflanzlichen und tierischen Kleinlebewesen darstellen.

Noch heute wird z. B. der Erreger des Rattenbißfiebers (Sodoku), in dessen Verlauf — das sei der folgenden Darstellung vorweggenommen — auch zentralnervöse Störungen beobachtet worden sind, meist nicht den Spirochäten, sondern den Spirillen, also rein pflanzlichen Organismen zugezählt. Nach SCHLOSSBERGERS Untersuchungen sind übrigens auch die Erreger des Rattenbißfiebers befähigt, bei der weißen Maus ins Gehirn einzudringen.

Die erste Spirochäte, die Spirochaeta plicatilis, wurde bereits im Jahre 1833 in stehenden Gewässern und Tümpeln von EHRENBERG entdeckt, eine harmlose, ganz ungefährliche Art. Lange Zeit hatten die Spirochäten nur für einen kleinen Kreis mikroskopierender Zoologen und Botaniker Interesse. Die medizinische Wissenschaft begann sich mit ihnen erst zu beschäftigen, als ein junger Berliner Arzt, namens OBERMEIER, im Jahre 1868[2] während einer Rückfallfieberepidemie in Berlin — heute ist diese Krankheit in Deutschland durch zielbewußte Bekämpfung vollkommen ausgerottet — im Krankenblut Spirochäten und damit den ersten im Blute des Menschen vorkommenden Parasiten entdeckt hatte. Als schließlich SCHAUDINN und HOFFMANN im Jahre 1905 gezeigt hatten, daß der lang gesuchte Erreger der Syphilis ebenfalls eine äußerst feine und nur schwer färbbare Spirochäte ist, begann man dem Geschlecht der Spirochäten größere Aufmerksamkeit zu schenken, zumal die Auffindung des Syphiliserregers in rascher Folge eine Reihe bedeutsamer Feststellungen auf den Plan gerufen hatte, die Möglichkeit, diese Krankheit auf Tiere zu übertragen und an diesen experimentelle Untersuchungen anzustellen, die Entdeckung der syphilitischen Blutveränderung durch WASSERMANN und schließlich die Auffindung antisyphilitischer Heilmittel, nämlich des Salvarsans und neuerdings auch des Wismuts.

Daß die Syphilis als Ursache verschiedenartiger nervöser Erkrankungen eine wichtige Rolle spielt, wußte man schon länger, schon ehe der Erreger der Krankheit entdeckt war. Insbesondere hatte man seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts erkannt, daß die progressive Paralyse und die Tabes in irgendeinem Zusammenhange mit der Syphilis stehen müssen. Im Primärstadium der Syphilis, wo die Krankheit auf ein örtliches Geschwür beschränkt ist, kommen Nervenkrankheiten nicht vor. Hingegen beobachtet man während der sekundären Periode — einige Wochen nach Auftreten des Primäraffektes — in welcher universelle Hautausschläge auszubrechen pflegen, gewisse Veränderungen, die auf ein Befallensein des Nervensystems, bzw. seiner Hüllen hinweisen. Vor allem werden in außerordentlicher Häufigkeit krankhafte Veränderungen der Rückenmarksflüssigkeit beobachtet, Zellvermehrung, Eiweißvermehrung und das Auftreten der WaR. Auffallenderweise haben die Kranken in dieser Zeit nur geringfügige oder gar keine Beschwerden und nichts pflegt darauf hinzudeuten, daß die Rückenmarksflüssigkeit krankhaft verändert ist und daß leichte Entzündungsvorgänge in den Hirn- und Rückenmarkshäuten Platz gegriffen haben. In dieser Zeit sind Spirochäten in der Rückenmarksflüssigkeit bereits vorhanden, was man durch Verimpfung derselben auf syphilisempfängliche Versuchstiere leicht nachweisen kann. Neben diesen häufigen schlummernden Veränderungen der Rückenmarksflüssigkeit, außer diesem leichten Katarrh der Hirn- und Rückenmarkhäute, wie man die in diesem Stadium sich hier abspielenden Vorgänge auch genannt hat, gibt es auch seltenere Fälle, wo die Entzündung der Rückenmarks- und Hirnhäute höhere Grade erreicht und schwere Symptome einer syphilitischen Hirnhautentzündung verursacht, Hirnnervenlähmungen, Lähmungen der Gliedmaßen und manche andere Ausfalls- und Reizerscheinungen. Außerdem kann die Syphilis in kürzerem und längerem, selbst jahrzehntelangem Abstande von der Infektion zu einer eigenartigen Erkrankung der Hirngefäße führen, wodurch diese verengert, unter Umständen auch ganz verschlossen werden. Die Folge davon sind Ernährungsstörungen des so empfindlichen Nervengewebes, welchen irreparable Ausfallserscheinungen entsprechen. Und schließlich können die für das dritte, tertiäre Stadium der Syphilis kennzeichnenden Gummageschwülste auch im Nervensystem auftreten und je nach Größe, Sitz und

[1] Vortrag, gehalten anläßlich der Jahressitzung der Deutschen Forschungsanstalt für Psychiatrie in München am 11. März 1929.

[2] Veröffentlicht hat OBERMEIER diese seine Entdeckung erst 1871.

Zahl recht verschiedenartige Symptome bedingen. Alle die genannten Erscheinungsformen der Syphilis, die in der Regel nicht vereinzelt, sondern kombiniert vorkommen, sind auf die Anwesenheit von Spirochäten in dem erkrankten Gewebe zurückzuführen. Sie sind durchaus heilbar, solange es nicht zu gröberen Zerstörungen der Nervensubstanz gekommen ist, und zwar durch Anwendung der uns zur Verfügung stehenden antisyphilitischen Heilmittel, Salvarsan, Quecksilber, Wismut und Jod.

Auch die kongenitale Lues, welche von der Mutter auf die Leibesfrucht übertragen wird, befällt das Nervensystem und erzeugt im Prinzip dieselben Krankheitsformen wie die Infektion der Erwachsenen. Bemerkenswert ist jedoch, daß bei der kongenitalen Syphilis die Spirochäten zuweilen in größerer Anzahl in der Blutbahn auftreten (ähnlich wie beim Rückfallfieber), während sie beim Erwachsenen nur in sehr geringer Zahl im Blutkreislauf vorkommen.

Die progressive Paralyse und die Tabes nehmen aber eine Sonderstellung gegenüber den genannten Krankheitsformen ein, indem sie auf die erwähnten Arzneimittel nicht in gleich prompter und intensiver Weise anzusprechen pflegen. Ich kann hier auf eine Schilderung der Symptome der Paralyse und Tabes nicht eingehen, da diese Krankheitsbilder heutzutage auch dem Nichtmediziner hinlänglich bekannt sind. Früher glaubte man, daß Paralyse und Tabes durch hinterlassene Gifte des Syphiliserregers erzeugt werden, der selbst schon aus dem Organismus verschwunden sei. Denn man konnte sich früher nicht vorstellen, daß die Mikroben der Syphilis 10, 20 Jahre nach der Ansteckung oder noch später im Körper leben können, zumal dem Ausbruch der Paralyse und Tabes in der Regel viele Jahre ungestörten Wohlbefindens vorausgehen. Man bezeichnete daher Tabes und Paralyse als Nachkrankheiten der Syphilis, als post-, meta- oder parasyphilitische Leiden. Zu Beginn des Jahres 1913 wurde diese Auffassung hinfällig, nachdem der im Rockefeller Institut in New York arbeitende Spirochätenforscher NOGUCHI gezeigt hatte, daß bei der Paralyse im Gehirn und bei der Tabes im Rückenmark Spirochäten vorhanden sind. Ihre Zahl kann eine sehr große sein, bei anderen Fällen ist sie wiederum sehr gering, oft so klein, daß sich die Parasiten dem Nachweis mit Hilfe unserer Methoden entziehen. Offenbar gibt es auch periodische Schwankungen der Vermehrung der Parasiten im Paralytikerhirn, so daß nicht zu allen Zeiten des Krankheitsvorgangs die gleiche Zahl von Mikroorganismen vorhanden ist. Ohne allzusehr auf Einzelheiten einzugehen, möchte ich noch erwähnen, daß die Spirochäten im Paralytikerhirn in verschiedener Verteilung auftreten können, einmal diffus im Hirngewebe verstreut ohne erkennbare Beziehungen zu den Gewebselementen, zu den Ganglienzellen und Gefäßen. Dann kommen sie wieder in Herdform vor, und solche Herde können wieder in der Einzahl oder in zahlreichen Exemplaren auftreten. Sehr eigenartig ist, daß bei manchen Fällen von Paralyse die Spirochäten eine besondere Neigung haben, sich in den Gefäßen anzusiedeln, und zwar wiederum in herdförmigen Bezirken. Bei der Tabes sind später Spirochäten von uns nicht in der Substanz des Rückenmarks selbst, sondern in den Häuten, die dieses Organ umgeben, gefunden worden. Bekanntlich hat NOGUCHI die Parasiten in den Hintersträngen des Rückenmarkes und H. RICHTER im Hinterwurzelgebiet angetroffen.

Paralytiker und Tabiker sind häufig Träger einer syphilitischen Erkrankung der großen Körperschlagader, die auffallenderweise nur selten Beschwerden verursacht. Auch hier finden sich Spirochäten. In jenem Stadium, wo Paralyse oder Tabes ausgebrochen sind, ist also die Syphilisinfektion in den übrigen Körperorganen keineswegs erloschen. Ich erwähnte bereits, daß Paralyse und Tabes auf eine antisyphilitische Arzneibehandlung nicht deutlich reagieren, und diese Tatsache ist auch einer der Gründe gewesen, weshalb man früher geglaubt hat, daß die Syphilisinfektion im Körper des Paralytikers oder Tabikers längst erloschen sei. Möglicherweise beruht die Unwirksamkeit der antisyphilitischen Heilmittel bei den in Rede stehenden Krankheiten darauf, daß die Syphilisheilstoffe nicht in genügenden Mengen ins Nervengewebe überzutreten vermögen. Glücklicherweise hat die jüngste Zeit das Dogma von der Unheilbarkeit der Paralyse und Tabes zu Fall gebracht. Nachdem Erfahrungen einer früheren Generation von Psychiatern gezeigt hatten, daß die Paralyse manchmal wider Erwarten einen günstigen Verlauf nimmt, wenn eine akute Infektionskrankheit oder Eiterung hinzutritt, haben sich schließlich höchst eigenartige Heilverfahren auch bei diesen Krankheiten als sehr wirksam erwiesen, ich meine die künstliche Übertragung von Infektionskrankheiten, unter denen in erster Linie die Malariabehandlung von WAGNER-JAUREGG und die Rekurrensbehandlung von PLAUT und STEINER zu nennen sind.

Die bei uns heimische Syphilis besitzt in hohem Maße die Neigung, das Zentralnervensystem zu befallen; hingegen pflegt die tropische Framboesie, eine der Lues außerordentlich nahe verwandte Krankheit — beide Erreger haben das gleiche Aussehen und die Symptome sind einander sehr ähnlich — weder Hirnhautentzündungen und Gefäßerkrankungen hervorzurufen, noch Paralyse und Tabes. Das ist sehr eigenartig, weil nach den Untersuchungen von LANGE und mir die Verwandtschaft der beiden Krankheiten eine sehr nahe sein muß, indem Paralytiker, welche den Erreger der Syphilis in ihrem Körper tragen, für Framboesie unempfänglich sind. Syphilis schützt also vor Framboesie. Leider vermögen wir nicht mit der gleichen Sicherheit zu sagen, wie die andere Seite der Medaille aussieht, ob die Framboesie des Menschen mit Sicherheit vor einer späteren syphilitischen Ansteckung zu bewahren vermag, wie manche epidemiologische Erfahrungen dies nahe zu legen scheinen. In den Framboesieländern vermag näm-

lich die Syphilis nicht recht Fuß zu fassen, und auch Paralyse und Tabes sollen dort selten vorkommen. Hier harren noch wichtige Fragen der Lösung, unter anderen auch die, ob es bestimmte Syphilisstämme gibt, welche, wie es von der Syphilis unkultivierter Völker behauptet wird, das Nervensystem seltener befallen als die bei uns heimische Erkrankung.

Wenden wir uns nun den Rückfallfieberspirochäten als Vertreter einer größeren Gruppe dieser Kleinlebewesen zu. Das Rückfallfieber verläuft mit regelmäßigen, ca. 3—4, Fieberanfällen, die durch Pausen von einigen Tagen getrennt sind. Während der Fieberanfälle pflegen die Spirochäten im Blut aufzutreten, während der Pausen zu verschwinden. Es gibt mehrere Unterarten, von denen die wichtigste, das europäische Rückfallfieber, durch Läuse übertragen wird; es ist heute nur mehr auf Rußland beschränkt. Ferner ist das afrikanische Rückfallfieber zu nennen, das durch Bisse einer bestimmten Zecke, die nur in Afrika vorkommt, vermittelt wird.

Schon bei ihren ersten Versuchen, die paralytische Erkrankung durch Einimpfung von afrikanischer Recurrens zu behandeln, konnten PLAUT und STEINER feststellen, daß die Recurrensspirochäten auch in die Rückenmarksflüssigkeit eindringen, und daß sie hier schon nach dem ersten Fieberanfall zu finden sind. Dann haben BUSCHKE und KROÓ gezeigt, daß die Recurrensspirochäten auch in das Gehirn der weißen Maus, also ins eigentliche Nervengewebe übertreten und dort noch fortleben können, wenn diese Parasiten aus dem Blut und den übrigen Organen verschwunden sind. PLAUT hat dann gezeigt, daß die Rückfallfieberspirochäten auch in das Kaninchenhirn einzudringen vermögen. Es ist uns dann der Nachweis geglückt, daß das Auftreten der Recurrensspirochäten in der Rückenmarksflüssigkeit des Menschen im Zusammenhang steht mit der gleichzeitigen Anwesenheit der Erreger in den Hirn- und Rückenmarkshäuten, und daß die Rückfallfieberspirochäten sogar ins Hirngewebe vordringen können, aus welchem sie, ohne Schaden angerichtet zu haben, nach einigen Wochen wieder zu verschwinden pflegen. Dies gilt sowohl für die afrikanische Recurrens als auch für die europäische Krankheitsform.

Nicht bloß die Rückfallfieberspirochäten dringen in das Mäusegehirn ein, sondern, wie SCHLOSSBERGER kürzlich nachgewiesen hat, sind auch die Syphilisspirochäten dazu imstande, und es ist sehr eigenartig, daß die Syphilisspirochäten auch bei der Maus, einem niederen Säugetier, eine ausgesprochene Neigung zeigen, ins Nervensystem einzuwandern. Da fast allen Spirochäten das Gehirn eine — unter Umständen dauernde — Zufluchtsstätte zu gewähren vermag, kann man geradezu von einer Gesetzmäßigkeit sprechen; doch kennt dieses Gesetz auch Ausnahmen. So gibt es eine Spirochätenkrankheit der Hühner, die durch Insekten von Tier zu Tier übertragen wird. Die Tiere werden hinfällig, bekommen Durchfälle, und ihr Blut enthält zahlreiche Spirochäten. Nach einigen Tagen sterben sie, oder sie werden wieder vollkommen gesund, nachdem die Spirochäten verschwunden sind. Bei der Geflügelspirochätose werden die Erreger nicht für lange Zeit im Zentralnervensystem seßhaft; STEINER hat angegeben, daß sie während der Krise dort eindringen. Unsere jüngsten Untersuchungen haben gezeigt, daß sie höchstens 1—2 Tage länger im Zentralnervensystem nachweisbar sind, wenn sie aus dem Blut und den anderen Organen verschwunden waren. Dann gibt es noch eine Spirochätenkrankheit bei Kaninchen, eine richtige Geschlechtskrankheit, deren Erreger dem der menschlichen Syphilis täuschend ähnlich sieht. Diese Kaninchenkrankheit ist eine reine Schleimhaut- und Hauterkrankung. Sie ist von der menschlichen Syphilis verschieden. Das zeigt sich vor allem darin, daß sie nicht auf Affen und auch auf den Menschen übertragbar ist, welch letzteren Versuch einige Ärzte an sich angestellt haben. Bei dieser Kaninchenkrankheit werden die inneren Organe und das Zentralnervensystem nicht ergriffen, sie enthalten auch nicht den Erreger.

Vielleicht mag es scheinen, daß wir in allzu spezialistischer Einengung unseres Horizontes doch ein wenig auf Abwege geraten sind, wenn wir uns mit Krankheiten von Hühnern und Kaninchen beschäftigen, statt unsere Aufmerksamkeit allein auf die menschlichen Leiden zu konzentrieren. Darum ein paar Worte der Rechtfertigung. Wie das vergleichende Studium des Baues und der Verrichtungen der tierischen Organe uns geholfen haben, den menschlichen Körper genauer kennenzulernen, so gibt es auch eine vergleichende Krankheitslehre. Es ist das Verdienst SPIELMEYERS, die vergleichende Pathologie des Zentralnervensystems begründet und durch das Studium der Trypanosomenkrankheiten uns wichtige Aufschlüsse über die menschliche Syphilis geliefert zu haben. Aber nicht bloß theoretisch, heuristisch, wie man zu sagen pflegt, wegbereitend für weitere Erkenntnisse, ist das Studium der Tierkrankheiten für uns von Wert. Diese können auch unmittelbar praktische Bedeutung erlangen. So haben vor mehreren Jahren einige Forscher geglaubt, eine besondere Abart des Syphiliserregers gefunden zu haben, der die Paralyse erzeugt. Diese Spirochäte rief beim Kaninchen andere Erscheinungen hervor, als die gewöhnliche menschliche Syphilis, nämlich nur ganz oberflächliche Geschwüre an den Schleimhäuten bzw. der Haut. Auch erwies sich diese Spirochäte im Gegensatz zu anderer menschlicher Syphilis auf Affen nicht übertragbar. Wir konnten aber dann den Nachweis erbringen, daß die in der Tat bestehenden Abweichungen dieses „Paralyseerregers" sich vollkommen deckten mit den Eigenschaften der bereits erwähnten Geschlechtskrankheit des Kaninchengeschlechts. Die in Rede stehenden Forscher waren also einer Täuschung zum Opfer gefallen, indem sie die

natürliche Kaninchenkrankheit als Folge einer voraufgegangenen Impfung mit Paralytikerblut angesehen haben. Dieser Irrtum wäre ihnen wohl nicht so leicht passiert, wenn die damals zwar schon beschriebene, aber noch nicht genauer studierte Kaninchenkrankheit ihnen bekannt gewesen wäre.

Von anderen Krankheiten, bei denen eine Verursachung durch Spirochäten angenommen worden ist, wäre noch der Mumps zu nennen, eine gutartige Kinderkrankheit, bestehend in einer Entzündung der Ohrspeicheldrüse. Im Gefolge dieser Krankheit hat man auch öfters Reizerscheinungen von seiten des Zentralnervensystems und Veränderungen der Rückenmarksflüssigkeit vorgefunden. Als Erreger der Krankheit ist unter anderem auch eine Spirochäte beschrieben worden (KERMORGANT), die im Sekret der erkrankten Drüse, also im Speichel, gefunden wurde. Leider beherbergt die Mundhöhle von allen Menschen, auch von Tieren, zahlreiche Arten harmloser Spirochäten, so daß es außerordentlich schwer ist, aus dem Inhalt der Mundhöhle eine krankheitserregende Spirochäte herauszuholen. Die Spirochäten als Erreger des Mumps haben infolgedessen keine allgemeine Anerkennung gefunden. Auch die einzige Spirochäte, welche BÉNARD in der Rückenmarksflüssigkeit, also in einer spirochätenfreien Umgebung bei einem einzigen Falle von Mumps gefunden haben will, hat das Ansehen dieses Mumpserregers nicht zu befestigen vermocht. Es gibt nämlich auch in der Rückenmarksflüssigkeit Täuschungsmöglichkeiten. Da auch bei der Entnahme der Rückenmarksflüssigkeit infolge der unvermeidlichen Verletzungen von Adern dieser oft einige Tropfen Blut beigemengt sind, ist auch das Auftreten solcher Pseudospirochäten in diesem sonst wasserklaren Medium nichts Ungewöhnliches. Solche Pseudospirochäten sind auch einmal irrtümlich zum Erreger der epidemischen Encephalitis, auch Hirngrippe genannt, gemacht worden, ebenso wie Mundspirochäten zur Ursache der grippösen Erkrankung der Luftwege. Aber der Erreger der Grippe und auch der Encephalitis ist noch unbekannt, Spirochäten kommen indeß aus bestimmten, hier nicht zu erörternden Gründen kaum in Frage. Auch der Erzeugung des Mumps wurden verschiedene andere Keime beschuldigt, die sich jedoch bis jetzt ebensowenig durchzusetzen vermocht haben wie die erwähnten Spirochäten.

Wenden wir uns nun einer anderen Gruppe von Spirochäten zu. Deren Hauptvertreter ist der Erreger der WEILschen Krankheit, einer Krankheit, die mit periodischem Fieber einhergeht, das allerdings nicht so regelmäßig zu verlaufen pflegt wie beim Rückfallfieber. Die Hauptsymptome dieser Krankheit sind heftige Muskelschmerzen, Gelbsucht und Blutungen in Haut- und Schleimhäuten. In der Regel tritt nach einer etwas verzögerten Rekonvaleszenz Heilung ein, mitunter endet die Krankheit auch tödlich. Der Erreger dieser Krankheit ist während des Krieges entdeckt worden, zuerst von den Japanern INADA und ITO, bald darauf unabhängig von den Deutschen UHLENHUTH und FROMME, nachdem HÜBNER und REITER diese Krankheit auf das Meerschweinchen übertragen hatten. Bei dieser Spirochäte sind die Windungen sehr eng, am Ende des Körpers finden sich eigentümliche Haken, die man auch mit Schirmgriffen verglichen hat. Der Keim tritt im menschlichen Krankenblut nur äußerst spärlich auf; man hätte ihn wohl nicht entdecken können, wenn man sich ausschließlich auf die mikroskopische Untersuchung des Blutes menschlicher Krankheitsfälle beschränkt hätte. Hingegen läßt sich, wie bereits erwähnt, die WEILsche Krankheit durch Überimpfung von Menschenblut auf Meerschweinchen übertragen, bei welcher Tierart sie ein tödliches Krankheitsbild, Gelbsucht und Blutungen erzeugt. In der Leber dieser Tiere kann man die Spirochäten in großen Mengen nachweisen. Wir haben also einen Fall vor uns, wo die Übertragung der Krankheit auf Versuchstiere nicht nur der Forschung, sondern auch der praktischen Diagnostik bei der Erkennung unklarer Krankheitsfälle große Dienste zu leisten vermag. Weitere Forschungen haben ergeben, daß der Erreger der WEILschen Krankheit als harmloser Schmarotzer in den Nieren von wilden Ratten sein Dasein fristet. Der Urin der Ratten ist es, der diese Krankheit verbreitet bzw. Wasser, das mit Rattenurin verunreinigt ist. Hieraus erklären sich gewisse epidemiologische Eigentümlichkeiten des Leidens, das bei uns jetzt relativ selten ist, aber doch gelegentlich gehäuft auftritt, z. B. in Badeanstalten; auch Metzger werden mit Vorliebe von dieser Krankheit befallen. Im Kriege kam sie nicht selten in Schützengräben vor, wo bekanntlich auch viele Ratten zu Gaste waren.

Auch der Erreger der WEILschen Krankheit dringt in die Rückenmarksflüssigkeit ein und kann Symptome von Hirnhautentzündung hervorrufen. (COSTA und TROISIER). Einige Untersucher haben ihn auch im Gewebe des zentralen Nervensystems angetroffen.

Nun hatte man mit dem Erreger der WEILschen Krankheit eine neue Gattung von Spirochäten kennengelernt. Da lag die Annahme nahe, daß die WEILschen Spirochäten nicht den einzigen Vertreter dieser Gattung darstellen, sondern daß in dieser Gruppe noch andere krankheitserregende Spirochäten zu finden sein könnten. Und in der Tat entdeckte man in der Folgezeit eine Reihe von Spirochäten, die dem Erreger der WEILschen Krankheit sehr nahe verwandt sind, die Spirochäte des japanischen Siebentagefiebers, des japanischen Herbstfiebers, bei einer auf Sumatra vorkommenden fieberhaften Erkrankung die Spirochaete pyrogenes und kürzlich bei Überschwemmungen in Schlesien als Erreger einer bis dahin unbekannten Krankheit des kurzfristigen Schlammfiebers, ebenfalls eine hierher gehörige Spirochäte. Bei diesen Krankheiten von untergeordneter Bedeutung sind Beziehungen zum Zentralnervensystem

entweder nicht vorhanden, oder noch nicht genügend klargestellt.

Unter dem Eindrucke der Entdeckung des Erregers der WEILschen Krankheit hat man auch bei weiteren Infektionen die Suche nach Spirochäten aufgenommen. So gibt es eine Krankheit, deren Symptomenbild dem der Weilschen sehr ähnelt; nur ist ihr Verlauf viel ernster, jenes Leiden, das die Mannschaft des Kolumbus während seines zweiten Aufenthaltes in St. Domingo dezimiert haben soll und auch noch in den letzten Jahren in Südamerika und Afrika viele Opfer gefordert hat, ich meine das gefürchtete gelbe Fieber. Der Spirochätenforscher NOGUCHI begab sich im Jahre 1918 nach Südamerika, um bei dieser Krankheit nach Spirochäten zu suchen. Er konnte bald darauf berichten, daß seine Erwartung in Erfüllung gegangen sei, und daß er beim Gelbfieber Spirochäten vom Aussehen des Erregers der WEILschen Krankheit gefunden habe. Er hatte wiederum Blut von Gelbfieberkranken auf Meerschweinchen überimpft. Diese waren an dieser Krankheit eingegangen und hatten in der Leber Spirochäten dargeboten.

Mich interessierten natürlich etwaige Beziehungen dieses Erregers zum Zentralnervensystem, und da es in Europa diese Krankheit glücklicherweise nicht gibt — sie wird wie die Malaria durch Stiche gewisser tropischer Mücken übertragen —, wandte ich mich an Herrn Professor W. H. HOFFMANN in Habana mit der Bitte, mir Gehirne von Gelbfieberleichen zu Spirochätenuntersuchungen zu überlassen. Dieser Arbeitsplan wurde indessen durch eine ganz unerwartete Wendung in der Gelbfieberforschung zunichte gemacht. So hatte außer W. H. HOFFMANN vor allem SCHÜFFNER auf einige Unstimmigkeiten in den NOGUCHIschen Angaben hingewiesen. Bald darauf haben amerikanische Ärzte (STOKES, BAUER und HUDSON), welche während einer Gelbfieberepidemie in Afrika tätig waren, zu ihrem großen Erstaunen gefunden, daß das dort heimische Gelbfieber sich überhaupt nicht auf Meerschweinchen übertragen ließ, daß die mit Blut von Gelbfieberkranken geimpften Tiere vollständig gesund blieben und daß man in ihren Organen niemals Spirochäten nachweisen konnte. Auch andere Tiere ließen sich mit afrikanischem Gelbfieber nicht infizieren. Einer glücklichen Eingebung dieser amerikanischen Ärzte verdankt die Gelbfieberforschung einen großen Fortschritt. Sie ließen sich nämlich Affen aus Java kommen. Sie hätten sich diese Tiere ja einfach von den Bäumen in der Nähe ihrer Laboratorien fangen lassen können, könnte man fragen, das wäre wohl billiger gewesen. Ich erwähne diese Einzelheit nur, um zu zeigen, daß die Wissenschaft auch manchmal kostspielige Wege gehen muß, deren Sinn dem Fernerstehenden nicht ohne weiteres klar ist. Denn die afrikanischen Affen, die schon seit früher Jugend mit den Stichen der Gelbfiebermücken Bekanntschaft machen, sind gegen diese Krankheit ebenso widerstandsfähig wie Menschen, die sie in schwerer oder leichterer Form einmal überstanden haben oder sie sind von Haus aus dafür unempfänglich. Die Affen aus Java, wo es kein Gelbfieber gibt, erwiesen sich, wie man gehofft hatte, für diese Krankheit außerordentlich empfänglich. Diese javanischen Affen, die nach Überimpfung von Menschenblut an Gelbfieber erkrankten und starben, die sich auch durch Mückenstiche leicht infizieren ließen, beherbergten niemals Spirochäten in ihren Organen. Neuerdings will KUCZYNSKI den Erreger dieser Krankheit, eine Bakterienart, in Reinkultur dargestellt haben. Wie dem auch sei, Spirochäten sind jedenfalls nicht die Ursache des Gelbfiebers. Und der Irrtum NOGUCHIS ist darauf zurückzuführen, daß er bei seinen Untersuchungen endemische Krankheitsherde von WEILscher Krankheit für echtes Gelbfieber gehalten hat. Nun liegt es mir fern, gegen NOGUCHI deshalb einen Vorwurf erheben zu wollen. Denn wir irren ja alle gar nicht so selten und jeder Wissenschaftler muß es sich gefallen lassen, wenn Leistungen, auf die er besonders stolz ist, früher oder später restlos hinweggespült werden von dem Strome fortschreitender Erkenntnis. Auch hätte vielleicht NOGUCHI seinen Irrtum selbst berichtigt, wenn er länger gelebt hätte. Er hatte sich nämlich zum Studium des afrikanischen Gelbfiebers an die Goldküste begeben, wo er bald darauf selbst dem Gelbfieber zum Opfer gefallen ist.

Und doch kann man angesichts dieser Sachlage ein gewisses Mißbehagen, um nicht zu sagen, einen Vorwurf, schwer unterdrücken. Wie war es möglich — muß man fragen —, daß die Gelbfieberspirochäte NOGUCHIS von der Wissenschaft anerkannt worden ist, daß sie selbst in Lehrbüchern als sicherer Gelbfiebererreger bezeichnet wurde? Wo ist die Verpflichtung der Wissenschaft geblieben, jede wichtigere Entdeckung ohne Ansehen der Person durch sorgfältigste Nachprüfung vor den Richterstuhl der Wahrheit zu stellen? Wie kam man erst später darauf, daß das Fundamentalexperiment von NOGUCHI, das Gelbfieber sei auf Meerschweinchen übertragbar, nicht stimmt? Daß Meerschweinchen nach Überimpfung von Gelbfieberblut nicht sterben, wie NOGUCHI angab, sondern gesund bleiben, hätte man gleich merken können und nicht erst nach zehn Jahren, und andere, ganz offenkundige, hier nicht zu erörternde Unstimmigkeiten in den NOGUCHIschen Angaben auch. Mit der Abgelegenheit dieser außereuropäischen Krankheit kann man dies nicht allein entschuldigen. Die kulturelle Bedeutung der Seuche ist eine so große, daß alle Länder, wo sie vorkommt, auf das lebhafteste an ihrer Bekämpfung interessiert sind. Hier rühren wir aber an ein anderes Übel. Es ist die Krankheit, von der zuletzt BUMKE in seiner Münchener Rektoratsrede gesprochen hat, welche „Krankheit", um mit BUMKE zu reden, „die Medizin selbst befallen hat", worüber schon vielfach vergeblich Klage geführt worden ist, nämlich: Die Zeitströmung, welche Tatsachen sehr gering achtet, aber mehr oder weniger geistvolle Hypothesen überschätzt. „Bloße" Nachprüfungen gelten heute vielfach, um es drastisch

auszudrücken, als eine Beschäftigung zweiter Güte, die nicht jedermanns würdig ist.

Aber glücklicherweise hat die nunmehr erfolgte Nachprüfung der NOGUCHIschen Entdeckung nicht nur deren Unhaltbarkeit dargetan, sondern auch ein großes Stück vorwärts geführt. Es scheint, daß die neuesten Forschungen uns schon eine reife Frucht gebracht haben oder wenigstens bald bringen werden, eine wirksame Schutzimpfung gegen diese mörderische Krankheit, und damit wäre ein großer Schritt zu ihrer Ausrottung getan. Hier sei daran erinnert, daß schon einmal eine falsche Entdeckung bei einem großen Funde Pate stand. Zu Beginn dieses Jahrhunderts glaubte SIEGEL den Syphiliserreger entdeckt zu haben. SCHAUDINN und HOFFMANN, welche vom Reichsgesundheitsamt mit der Nachprüfung dieser Befunde beauftragt waren, konnten sie zwar nicht bestätigen, entdeckten aber bei dieser Gelegenheit den echten Erreger der Lustseuche, die Spirochaeta pallida. Als sie diese Entdeckung in der Berliner Medizinischen Gesellschaft mitteilten, stießen sie zunächst auf völlige Ablehnung. Damals wehte freilich ein anderer Wind in der Wissenschaft, ganz entgegengesetzt dem heutigen. Durch die zahlreichen, einander ablösenden, weil sich nicht bewahrheitenden Entdeckungen von Syphiliserregern, war man derartig abgebrüht, daß der damalige Vorsitzende der Berliner medizinischen Gesellschaft die Diskussion mit den Worten schloß: „Die Herren haben uns den dreißigsten Syphiliserreger vorgeführt, wollen wir warten, bis der nächste kommt, der den einunddreißigsten gefunden haben will." Dieses Extrem skeptischer Ablehnung ist im Grunde genommen ebenso falsch wie das kritikloser Hinnahme. Unbefangene, geduldige Nachprüfung heißt hier der goldene Mittelweg.

Kehren wir nun von dieser entdeckungsgeschichtlichen Betrachtung zurück, und wenden wir unsere Aufmerksamkeit einer bei uns heimischen, nicht seltenen organischen Nervenkrankheit zu, der multiplen Sklerose.

Soweit sich mit wenigen Strichen das bunte Bild der Krankheit, im Einzelfalle verschieden, wiedergeben läßt, so pflegen vor allem jüngere Leute von diesem Leiden befallen zu werden. Unvermittelt treten Sehstörungen, Augenmuskellähmungen oder Gliedmaßenschwäche auf, die ebenso rasch, wie sie gekommen sind, wieder verschwinden können. Aber immer kommen neue Symptome dazu, bis sich schließlich ein schwerer Krankheitszustand, verbunden mit jahrelangem Siechtum, herausgebildet hat: Zittern, eine eigentümliche Sprachstörung, Gehstörungen und verschiedene andere, hier nicht zu erörternde Symptome. Auch bei dieser Krankheit hat man wiederholt an eine Verursachung durch Spirochäten gedacht. Der erste, der diese Vermutung geäußert hat, ist wohl BUZZARD (1911) gewesen. Werfen wir aber, bevor wir die Frage der Verursachung erörtern, erst einen Blick auf die pathologische Anatomie dieser Krankheit. Im Zentralnervensystem findet man eigentümliche Herde, in denen die Markscheiden zugrunde gegangen sind. Ähnliche Veränderungen trifft man auch zuweilen bei der progressiven Paralyse an, und SPIELMEYER hat in einer eingehenden Untersuchung über anatomische Ähnlichkeiten zwischen multipler Sklerose und Paralyse die Stellung der beiden Krankheiten zueinander erörtert. Auf seinen damals geäußerten Standpunkt, daß Ähnlichkeit im anatomischen Bild nicht Verwandtschaft der Ursache bedeutet, kommen wir noch zurück. Auch bei der multiplen Sklerose hat die Entdeckung des Erregers der WEILschen Krankheit das Interesse an ihrer Ursache erneut belebt und KUHN und STEINER haben Versuche gemacht, die Krankheit auf Tiere zu übertragen. Indessen sind diese Tierversuche nicht bestimmt genug ausgefallen, sie ließen sich auch nicht in eindeutiger Weise von anderen Untersuchern reproduzieren. Hier hat das Tierexperiment vornehmlich mit zwei Schwierigkeiten zu kämpfen. Zunächst ist das gelegentliche Auftreten von spontanen, natürlichen Erkrankungen bei Tieren zu nennen, welche zu Täuschungen Veranlassung geben können. Außerdem gibt es sehr zahlreiche Spirochätenarten, welche im Darmkanal bei Tieren schmarotzen — die Mundspirochäten erwähnten wir bereits. Solche Spirochäten können nach dem Tode des Tieres auch in andere Organe eindringen und dürfen mit Krankheitserregern nicht verwechselt werden. Es gibt eben nicht nur wenige krankmachende Spirochäten, sondern äußerst zahlreiche Arten, die bei Tieren, sogar bei Pflanzen, auch freilebend im Wasser, vorkommen, von denen bisher nur ein Teil erforscht ist. Eine Spirochäte darf nur dann als Krankheitserreger anerkannt werden, wenn sie mit einiger Regelmäßigkeit im erkrankten menschlichen Organismus nachweisbar ist. Neuerdings hat STEINER angegeben, daß er Spirochäten mit Hilfe einer Silberimprägnation im Zentralnervensystem bei multipler Sklerose im Menschenhirn gefunden habe, vorerst bei wenigen Fällen und in vereinzelten Exemplaren. Eine Bestätigung dieser Angaben seitens anderer Autoren, wie wir sie unbedingt verlangen müssen, steht noch aus, aber natürlich dürfen wir diese Befunde noch nicht von vornherein ablehnen. Hier ist eine unbefangene Nachprüfung unter Berücksichtigung aller Fehlerquellen vonnöten.

Ein anderer Autor (PETTE) hat kürzlich gemeint, den Erreger der multiplen Sklerose in die Gruppe der sog. ultramikroskopischen Mikroben einweisen zu müssen. Wohl gibt es Keime von solcher Kleinheit, daß wir sie nicht sehen können, weil unsere mikroskopischen Vergrößerungen nicht ausreichen oder richtiger gesagt, weil die Wellenlänge des Lichtes der mikroskopischen Sichtbarmachung eine, anscheinend unüberwindliche Grenze gesteckt hat. Aber da der Erreger der multiplen Sklerose noch nicht auf Versuchstiere übertragen worden ist, ist eine derartige Annahme nichts mehr als eine Spekulation. Der Kampf um die Ätiologie

der multiplen Sklerose kann nicht auf dem Papier ausgefochten werden, sondern nur am Mikroskop und im Experimentiersaal. Es sei hier nachdrücklich daran erinnert, daß SPIELMEYER in seiner bereits erwähnten Arbeit nur diejenigen Folgerungen gezogen hat, die der Boden der Tatsachen zu tragen vermag.

Freilich muß es unser Ziel bleiben, bei der multiplen Sklerose nach der Krankheitsursache weiter zu suchen. Ist diese einmal klar, dann werden wir auch der Beantwortung der Frage nach ihrer Heilung und Vorbeugung erheblich näher gekommen sein.

So glaube ich, gezeigt zu haben, daß die Spirochäten als Ursache von nervösen Erkrankungen eine wichtige Rolle spielen, wenn auch noch manche Unklarheiten in dieser Hinsicht bestehen, oder optimistischer ausgedrückt, für die weitere Forschung noch manches zu tun übrig bleibt. Wollen wir hoffen, daß es bald gelingt, diese Lücken auszufüllen.

Flüssige Sterne.

Von JOHANNES PICHT, Berlin-Potsdam.

(Schluß.)

III. Eine andere, weitere Begründung der Instabilität gasförmiger Sterne.

Wir haben oben gesehen, daß für Sterne, deren Masse ein hohes Vielfaches der Sonnenmasse ist, die Diskussion der Stabilitätsbedingungen zu der Ansicht führte, daß jene Sterne nicht mehr gasförmig sein können. Noch von einem ganz anderen Standpunkte kommt JEANS zu dieser Ansicht, die ihn zu der Annahme führt, die Sterne seien flüssig.

H war die Ausstrahlung pro Flächen- und Zeiteinheit. Wir haben gezeigt, daß H proportional zu $\frac{T^{n+n}}{\varrho^2}\frac{dT}{dr}$ ist, wo n nach der KRAMERSschen Formel etwa den Wert 0,5 hat. In der Proportionalitätskonstanten tritt neben universellen Konstanten im Zähler das Produkt μA, im Nenner der Faktor N^2 auf, wo μ wie oben das mittlere Molekulargewicht des Sternes, A das Atomgewicht der Sternmaterie, N die zugehörige Ordnungszahl im periodischen System der Elemente ist. Wegen der hohen Ionisation, die im Sterninnern herrscht, ist für μ etwa der Wert 2,6 zu setzen. Nimmt man für die Sternmaterie $A = 244$, $N = 95$ an, so ergibt sich für $\frac{N^2}{A}$ etwa der Wert 37. Berechnet man indessen aus der angegebenen Formel für H den Wert von $\frac{N^2}{A}$, indem man für H den an der Sternoberfläche gemessenen Wert benutzt, so ergibt sich bei den verschiedenen Sternen ein 10- bis 30fach zu hoher Wert für $\frac{N^2}{A}$. Um aus der Formel den angegebenen Wert 37 zu erhalten, müßte T auf 0,7 seines ursprünglichen Wertes reduziert werden. Dadurch fällt der Strahlungsdruck auf ungefähr $\frac{1}{4}$ seines ursprünglichen Wertes, da er ja proportional der 4. Potenz von T ist, so daß er fast vernachlässigt werden kann. Da andererseits der Gasdruck proportional der Temperatur selbst ist, so sinkt dieser gleichzeitig auf 70 % seines ursprünglichen Wertes. Der Gesamtdruck, der die Aufgabe hat, der durch die Gravitation bedingten Anziehung das Gleichgewicht zu halten, ist demnach um 30 % des ursprünglich angenommenen Gasdruckes und um 75 % des ursprünglich angenommenen Strahlungsdruckes geringer. Da nun außerdem bei dem für N angenommenen Wert etwa 90mal so viel freie Elektronen wie Atome vorhanden sind, die Elektronen aber hinsichtlich des Druckes nach JEANS nur von untergeordneter Bedeutung sind, so haben die Atome (Atomreste) einen Druck auszuhalten, der um ein hohes Vielfaches — etwa das 40fache — größer ist als der Druck, den sie bei Gültigkeit der Gasgesetze auszuhalten hätten. Dies aber ist nach Ansicht von JEANS nur möglich, wenn die Atome sehr dicht gepackt sind und dadurch die Gültigkeit der Gasgesetze aufgehoben ist, so daß die Sterne in ihren zentralen Regionen als flüssig oder halbflüssig angesehen werden müssen.

Um Aussagen über den Aufbau eines solchen Sternes machen zu können, sei angenommen daß in seinem Innern bis zu einer bestimmten Entfernung r^* vom Mittelpunkt die Atome alle so dicht wie irgend möglich gepackt seien. Dann wird bis zu dieser Entfernung hin die Dichte konstant sein. Auch die Temperatur wird hier konstant sein. Dies läßt sich im Anschluß an JEANS folgendermaßen zeigen. Im Gleichgewichtszustand verschwindet die linke Seite der Gleichung (2). Multipliziert man sie dann mit $r^2\,dr$ und integriert von 0 bis r, so ergibt sich

$$H = \frac{1}{3} r \overline{\varrho G}, \text{ wo } \overline{\varrho G}$$

der Mittelwert von ϱG ist. Setzt man nun für H seinen oben gegebenen Wert ein, so erhält man eine Gleichung für $\frac{d}{dr}(T^{7,5})$, die — über den ganzen Stern integriert — einen Ausdruck für die Zentraltemperatur liefert,

$$T_c^{7,5} \text{ proportional zu } E M^2 R^{-7},$$

wo E den Gesamtbetrag der Energieausstrahlung, M die Gesamtmasse des Sternes, R seinen Radius bezeichnet. Integriert man nur bis $r \leqq r^*$ und betrachtet außer ϱ auch G in diesem Gebiet als konstant, so ergibt sich

$$T_c^{7,5} - T^{7,5} \text{ proportional zu } \varrho^3 G r^2.$$

JEANS stellt nach dieser Formel $T^{7,5}$ graphisch dar und gibt dann auch die daraus folgende Darstellung für T selbst als Funktion von r, aus der man erkennt, daß man T in der zentralen Region des Sternes als annähernd konstant ansehen darf.

An diesen als flüssig zu betrachtenden Bereich schließt sich dann nach JEANS eine wohl als halbflüssig zu bezeichnende Übergangsschicht, in der die Gasgesetze zum Teil gültig sind, während außen eine Schicht folgt, in der die Gasgesetze vollkommen gelten.

IV. Betrachtungen über die Größe der Abweichung der Sterne vom idealen Gaszustand.

Es sollen die Stabilitätsbetrachtungen nunmehr für einen derart aufgebauten Stern fortgesetzt werden. Angenommen war oben, daß

$$G = \text{const}\ \varrho^{\alpha}\, T^{\beta},$$

und es war gezeigt, daß α und β gleich Null zu setzen sind, da sich für die Energieerzeugung als einzige Möglichkeit diejenige des spontanen temperatur- und dichteunabhängigen radioaktiven Zerfalls ergab. JEANS weist nun — wohl um evtl. Einwänden zu begegnen — darauf hin, daß sich bei Berücksichtigung der Ionisation für G doch eine gewisse Abhängigkeit von Dichte und Temperatur ergibt, da ja Erhöhung der Temperatur und Abnahme der Dichte eine Erhöhung der Ionisation bedingen, also die Zahl der — nicht in Strahlungsenergie verwandelbaren — freien Elektronen erhöht wird, der Betrag der Energieerzeugung demnach durch Temperaturerhöhung sowie durch Dichteabnahme verringert wird. Für α wird sich so ein kleiner positiver, für β ein kleiner negativer Wert ergeben. In erster Näherung kann indessen hiervon abgesehen werden. Dann geht die Bedingungsungleichung (12b) über in

$$s > \frac{1}{45}\left(1 + \frac{4}{\lambda}\right).$$

Da λ stets > 0, so heißt dies, daß stets $s > \frac{1}{45}$, und zwar gilt dies bereits für große Werte von λ, d. h. für Sterne geringer Masse, bei denen der Gasdruck den Strahlungsdruck ganz wesentlich übertrifft. Für Sterne mit großer Masse ist λ klein. Hier wird s also dementsprechend bedeutend größer.

Um zu zeigen, daß der zahlenmäßig nur geringe Wert der unteren Grenze für s doch schon beträchtliche Abweichungen vom idealen Gaszustand bedingt, führt JEANS eine Betrachtung durch, die zunächst ohne Kritik wiedergegeben sei.

Da in den zentralen Teilen des Sternes die Dichte etwa das 100fache der mittleren Dichte, also weit mehr als das 100fache der Dichte der äußeren Gebiete des Sternes beträgt, so ist der zentrale Druck um weit mehr als $100\ \frac{1}{45} = 1{,}107$mal so groß, d. h. um mehr als 10,7% größer als der Druck im idealen Gaszustand sein würde. Da nun wegen der starken Ionisation schätzungsweise auf je 90 freie Elektronen ein Atomrest kommt und sich — wenigstens bei idealen Gasen — die Partialdrucke wie die Anzahl der verschiedenen Partikel verhalten, so ist der von den Atomresten herrührende Partialdruck $^1/_{91}$, der von den Elektronen herrührende $^{90}/_{91}$ des Gesamtdruckes. Da dieser um 10,7% größer ist als derjenige, der dem idealen Gaszustand entspricht, und diese 10,7% nach JEANS allein von den Atomresten getragen werden müssen, so ist der nicht durch ihren Gasdruck kompensierte Druck, den die Atomreste zu tragen haben, $91 \cdot 10{,}7\% = 10$mal größer als er sein würde, wenn das Gas sich im idealen Gaszustand befinden würde. Und da bei großer Sternmasse s noch wesentlich größer als $\frac{1}{45}$ ist, so sind auch hier die von den Atomen zu tragenden Drucke bedeutend größer.

Dem Referenten erscheint an vorstehenden Überlegungen besonders nicht einwandfrei, daß JEANS *aus den Vergleichswerten der zentralen Dichte mit der mittleren bzw. äußeren Dichte die angegebenen Schlußfolgerungen zieht, da es ja nicht auf das Verhältnis der zentralen Dichte zur mittleren Dichte, sondern auf den Absolutwert der zentralen Dichte ankommt. Ist diese größenordnungsmäßig gleich 100 — und dies ist für viele Sterne (V Puppis A, u Herkulis A, Sirius A, Sonne u. a.) der Fall — so dürften vorstehende Betrachtungen anzuerkennen sein. Auf Sterne indessen, für die zwar auch die Aussage gilt, daß die zentrale Dichte das 100fache der mittleren Dichte ist, deren zentrale Dichte selbst aber nur sehr gering ($\leqq 1$) ist, wie z. B. für Betageuze, Capella A u. a., hält Referent die Überlegungen von* JEANS *nicht für anwendbar.*

V. Stabilitätsbetrachtungen für flüssige Sterne.

Um weitere Aussagen über das physikalische Verhalten der Sterne machen zu können, betrachten wir jetzt einen vollkommen flüssigen Stern vorgegebener Masse M. Dieser kann dann in verschiedener Größe gegeben sein. Abhängig von der Größe (vom Durchmesser) des Sternes wird bei bestimmter Masse M sowohl der Betrag der Gesamtenergieerzeugung

$$G^* = 4\pi \int_0^R \varrho\, G\, r^2\, dr$$

als auch der Betrag der Gesamtausstrahlung

$$E = 4\pi R^2 (H)_{r=R}$$

sein. Stellen wir beide graphisch als Funktion des Sternradius R dar, so erhalten wir eine „Erzeugungskurve" (G^*-Kurve) und eine „Emissionskurve" (E-Kurve). Die Ordinate gibt die betreffenden Energiebeträge G^* bzw. E. Welche Gestalt die beiden Kurven im einzelnen haben, ist zunächst unwesentlich. Die Gesamtausstrahlung (Emission) eines Sternes ist nach JEANS unabhängig von der Materie, aus der sich der Stern zusammensetzt, während dies für die Energieerzeugung nicht gilt. Wir erhalten demnach bei vorgegebener Masse nur eine E-Kurve, aber — je nach der Art der den Stern bildenden Materie — verschiedene G^*-Kurven. Je schwerer das Sternmaterial, um so stärker die Energieerzeugung, um so höher liegt also in dem Diagramm die G^*-Kurve. Da die Energieerzeugung mit einem Zerfall der Stern-

materie verbunden ist, so wird die Materie des Sternes mit zunehmendem Alter desselben immer leichter, die zugehörige G^*-Kurve verschiebt sich allmählich nach unten. Auch die E-Kurve wird sich mit zunehmendem Alter des Sternes etwas verschieben, da ja die Erzeugung der Strahlungsenergie mit einer Vernichtung von Materie, also mit einer Abnahme der Gesamtmasse des Sternes verbunden ist. Doch diese Verschiebung der E-Kurve wird so gering sein, daß man sie hier nicht zu berücksichtigen braucht. Die E- und G^*-Kurve werden sich an gewissen Stellen, d. h. für gewisse R-Werte schneiden. Die hierdurch gekennzeichneten Sternkonfigurationen befinden sich — wegen $E = G^*$ — im thermodynamischen Gleichgewicht. Ändert sich — bei konstantem M — der Durchmesser des Sternes; so ändern sich auch E und G^*. Soll der geänderte (gestörte) Zustand wieder ein Gleichgewichtszustand sein, so muß

$$\frac{dE}{dR} = \frac{dG^*}{dR}, \quad \text{also} \quad \frac{d(E-G^*)}{dR} = 0$$

sein (indifferentes thermodynamisches Gleichgewicht).

$$\frac{d(E-G^*)}{dR} \gtrless 0$$

kennzeichnet dann stabiles bzw. labiles Gleichgewicht. Es ist zu untersuchen, welches Ungleichheitszeichen ($>$ oder $<$) dem stabilen Zustand entspricht.

Es war G proportional $\varrho^\alpha T^\beta$. Die gleiche Proportionalität setzt JEANS auch für G^* voraus. *Dies bedeutet entweder:* JEANS *nimmt im ganzen Stern* ϱ *und* T *als konstant an — oder: in der Gleichung*

$$\boxed{G^* = \text{const}\ \varrho^\alpha T^\beta}$$

bedeuten ϱ *und* T *Mittelwerte.* Andererseits folgt aus der oben gegebenen Annahme über H für E

$$\boxed{E = 4\pi R^2 \cdot \text{const} \cdot \left(\frac{T^3}{\varrho}\right)^2 \frac{dT}{dR} T^n}.$$

Da die Masse konstant ist, gilt

$$\boxed{\varrho R^3 = \text{const}}.$$

Endlich benutzt JEANS noch die Beziehung

$$\boxed{R^{1-\frac{3s\lambda}{\lambda+4}} T = \text{const}}$$

die der Gleichung (4b) entspricht, von der wir oben zeigten, daß sie mit den zugrunde gelegten Annahmen nicht verträglich ist. Benutzt man die hier angegebenen Beziehungen und berücksichtigt, daß der Ausgangszustand als thermodynamischer Gleichgewichtszustand vorausgesetzt war, so ergibt sich

$$\frac{d(E-G^*)}{dR} = \frac{E}{R}\left[(3\alpha+\beta-n) + \frac{3s\lambda}{\lambda+4}(7+n-\beta)\right]. \quad (15)$$

Die oben angegebene Stabilitätsbedingung (12b) ist — wie dort nicht näher ausgeführt wurde — entstanden und gleichberechtigt mit der Forderung, daß die auf der rechten Seite von (15) stehende eckige Klammer positiv ist. Das vorausgesetzte Gleichgewicht des Sternes ist also dann ein stabiles, wenn

$$\frac{d(E-G^*)}{dR} > 0$$

ist. Da G und demnach auch G^* nahezu von Dichte und Temperatur unabhängig ist, so wird $\frac{dG^*}{dR} = 0$, und die angegebene Stabilitätsbedingung geht über in

$$\frac{dE}{dR} > 0. \quad (16)$$

Dies sagt aus: Einer Abnahme des Sterndurchmessers, einer Sternkontraktion, entspricht eine Abnahme der Gesamtausstrahlung. Bei den gasförmigen Sternen besteht die entgegengesetzte Beziehung: dort nimmt die Emission zu, wenn sich der Stern kontrahiert.

VI. Betrachtungen über die Ionisation im Sterninnern und über dadurch bedingte Abweichungen vom idealen Gasgesetz.

Um genaueren Einblick in die Abhängigkeit der Emission vom Sterndurchmesser zu erhalten, muß die Ionisation berücksichtigt werden. Verhält sich die Anzahl derjenigen Atome, die bis zu ihrem r^{ten} Ring herab ionisiert sind, zur Gesamtzahl der vorhandenen Atome wie x zu 1 — wo x ein echter Bruch ist — so gibt $1-x$ die relative Anzahl derjenigen Atome, die noch mindestens 1 Elektron im $(r+1)^{ten}$ Ring besitzen. Ist ferner σ die Zahl der Elektronen, die im neutralen Atom sich im $(r+1)^{ten}$ Ring befinden würden, N die Atomnummer im periodischen System der Elemente, so gilt nach FOWLER die Formel

$$\log\left(\frac{x}{1-x}\varrho\right) = -\frac{69000\,N^2}{T(r+1)^2} + \frac{3}{2}\log T + \log\left(\frac{1}{4}\mu\varrho\right) - 7{,}790$$

Sie sagt aus, daß bei konstant gehaltener Dichte die Zahl der bis zum r^{ten} Ring herab ionisierten Atome mit wachsender Temperatur zunimmt, bei konstant gehaltener Temperatur dagegen mit wachsender Dichte abnimmt.

Aus der angegebenen Formel läßt sich folgender Ausdruck für $1-x$ ableiten:

$$1-x = \frac{1}{1+10^{\Phi}},$$

wo: $\Phi = -\frac{69000\,N^2}{T(r+1)^2} - \frac{3}{2}\log T + \log\left(\frac{\sigma}{4\lambda}\right) + 14721$

Hier ist $\lambda = \frac{3\,\Re}{a} \cdot \frac{\varrho}{\mu T^3}$ und hat für ideale Gase die oben gegebene Bedeutung $\frac{p_\varrho}{p_R}$. Für flüssige Sterne ist es als eine nur durch die angegebene Definitionsgleichung bestimmte neue Größe (Abkürzung) aufzufassen.

Betrachten wir jetzt die für Flüssigkeiten (und Gase) gültige Zustandsgleichung von VAN DER WAALS:

$$(p + \varrho^2\eta)\left(\frac{1}{\varrho} - \zeta\right) = \frac{\Re}{\mu} T,$$

wo η und ζ Konstanten sind[1]. Die Dimension von η ist $g^{-1}\,cm^5\,sec^{-2}$, die von ζ ist $g^{-1}\,cm^3$. Für ideale Gase geht sie in die früher benutzte Gasgleichung über. Der Term $\varrho^2\eta$ rührt her von den auf die einzelnen Moleküle wirkenden zusätzlichen Molekularkräften, die den Druck scheinbar erhöhen. Das Glied ζ kommt daher, daß den einzelnen Molekülen für die Molekularbewegung nicht das volle Volumen zur Verfügung steht, sondern eine Verkleinerung des Volumens durch die tatsächliche Ausdehnung der einzelnen Moleküle bedingt wird. ζ gibt demnach ein Maß für den von den Molekülen tatsächlich — bei dichtmöglichster Packung — eingenommenen Raum pro Masse. Fragen wir nun nach diesem dem ζ entsprechenden „spezifischen" Raum in den Sternen, so kann man sich in erster Näherung darauf beschränken, *den* Raum zu bestimmen, der eingenommen wird von allen weniger stark ionisierten Atomen, da gegenüber diesen die stärker ionisierten Atome und freien Elektronen nur wenig Raum beanspruchen. Nach JEANS soll dieser proportional zu $(1-x)\varrho$ sein, so daß $(1-x)\varrho$ proportional ist dem ζ der VAN DER WAALSschen Gleichung. *Daß dies nicht stimmt, erkennt man schon daran, daß ζ die gleiche Dimension wie $\frac{1}{\varrho}$ haben muß, während die Dimension von $(1-x)\varrho$ mit der von ϱ übereinstimmt. Tatsächlich ergibt sich durch einfache Betrachtungen, daß der erwähnte spezifische Raum proportional zu $\frac{(1-x)}{\varrho}$ ist.* Obwohl es sich demnach eigentlich erübrigt, die Gedankengänge von JEANS — die wesentlich auf der Behauptung, daß ζ proportional zu $(1-x)\varrho$ ist, beruhen — weiter zu verfolgen, wollen wir doch, wie bisher stets, fortfahren, die JEANSschen Betrachtungen in ihrer ursprünglichen Form darzustellen.

Da JEANS den Wert $(1-x)\varrho$ proportional zu dem ζ der VAN DER WAALSschen Gleichung annimmt, so schließt er, daß die Zustandsgleichung der idealen Gase gültig ist, wenn $(1-x)\varrho$ klein ist. Es handelt sich daher jetzt darum, über das Verhalten von $(1-x)\varrho$ gewisse Aussagen zu machen. Er diskutiert es zunächst unter der Voraussetzung, daß die Gasgesetze nahezu erfüllt sind. Bei der Diskussion tritt eine Größe $\frac{4\lambda N^3}{\sigma(\tau+1)^3}$ auf, die wir zur Abkürzung durch U bezeichnen wollen. Ist $U > 1{,}52 \cdot 10^5$, so besitzt $(1-x)\varrho$ weder ein Maximum noch Minimum, sondern wächst, solange eben die idealen Gasgesetze näherungsweise gültig sind, mit T von 0 bis ∞. Ist dagegen $U < 1{,}52 \cdot 10^5$, so wächst. ausgehend von der Temperatur Null, $(1-x)\varrho$ gleichfalls zunächst, erreicht dann ein Maximum, sodann etwa bei einer Temperatur $T^* = \frac{31\,000\,N^2}{(\tau+1)^2}$ ein Minimum. Entsprechend den verschieden starken Ionisationen ergibt sich so also eine Reihe von T^*-Werten, bei denen $(1-x)\varrho$ ein Minimum ist, bei denen also auch die Abweichung vom idealen Gasgesetz, vorausgesetzt, daß sie überhaupt gering ist, ein Minimum hat. [*Es sei hier erwähnt, daß im Gegensatz zu $(1-x)\varrho$ der Ausdruck $\frac{(1-x)}{\varrho}$ (s. o.) kein Minimum besitzt. Dies ist nach Ansicht des Referenten wesentlich befriedigender.*] Nach JEANS wird sich die Entwicklung eines Sternes also etwa in folgender Weise vollziehen: Wenn sich ein Stern längs einer Reihe von homologen Gleichgewichtszuständen zusammenzieht (— darauf, daß die diesbezüglichen Überlegungen von JEANS sowohl hinsichtlich der angewandten „Dimensionsrechnung" als auch hinsichtlich der benutzten Beziehung (4b) nicht einwandfrei sind, haben wir oben an den betreffenden Stellen hingewiesen —), werden die Abweichungen von den idealen Gasgesetzen durch Maxima und Minima hindurchgehen, bedingt dadurch, daß die verschiedenen Elektronenringe nacheinander ionisiert werden. Zieht sich der Stern zusammen, so werden zunächst die Atome nur dichter zusammengedrängt, die Abweichung vom idealen Gasgesetz also größer, solange, bis der betr. Elektronenring weitgehend ionisiert ist. In diesem Augenblick ist auch die Größe der Atomreste entsprechend geringer geworden, so daß das Glied ζ der VAN DER WAALSschen Gleichung klein, die Abweichung vom idealen Gaszustand also wieder gering geworden ist. Dieses Wechselspiel wird sich bei stärkerer Zusammenziehung des Sternes wiederholen, bis alle Atome bis zu ihrem Kern herab ionisiert sind.

Nimmt man mit JEANS an, daß für die wirklichen Atome des Sternes $N \approx 95$ ist, so erkennt man, daß — immer die Gültigkeit der JEANSschen Überlegungen vorausgesetzt — die Ionisation des M-Ringes ($\tau+1=3$; $\sigma=8$) für $(1-x)\varrho$ ein Minimum nur liefert, wenn $\lambda < 9{,}6$. Entsprechend muß für den L-Ring ($\tau+1=2$; $\sigma=8$) $\lambda < 2{,}9$ und für den K-Ring ($\tau+1=1$; $\sigma=2$) $\lambda < 0{,}09$ sein. Nach JEANS ist dies nur der Fall für Sterne von größerer Masse als die Sonne ($\lambda < 9{,}6$) bzw. als Sirius ($\lambda < 2{,}9$). Sterne, für die $\lambda < 0{,}09$ ist, sollen nicht existieren. Diese Folgerungen gelten natürlich nur, wenn — wie oben vorausgesetzt — die Abweichungen von den idealen Gasgesetzen klein sind. Ist dies nicht der Fall, so ist für jeden beliebigen Stern sowie für jeden der Elektronenringe das zugehörige Minimum von $(1-x)\varrho$ wirklich erreichbar. Allerdings erscheint dem Referenten auch diese Folgerung etwas hypothetisch.

VII. Der Lebenslauf der Sterne.

Nach (16) soll, damit ein Stern stabil ist, $\frac{dE}{dR} > 0$ sein. Nun ist — wie hier nicht näher begründet werden soll — die Helligkeit eines ideal gasförmigen Sternes, also E, proportional $R^{-\frac{1}{2}}$, so daß hier

[1] Wir haben hier die Konstanten durch η, ζ bezeichnet, da die sonst dafür gebräuchlichen Buchstaben a, b oder auch α, β bei uns bereits für andere Größen benutzt sind.

$\frac{dE}{dR} < 0$, der Stern also instabil ist. In (III) hatten wir gesehen, daß im flüssigen Stern die Temperatur geringer, nämlich etwa $^7/_{10}$ derjenigen eines gasförmigen Sternes gleicher Masse, Dichte und Größe ist. Dort sahen wir auch, daß E proportional zu $T^{7.5}$ ist, so daß gleichzeitig die Helligkeit E mit T in dem dem gasförmigen Stern entsprechenden flüssigen Stern wesentlich geringer ist. Berücksichtigt man nun noch, daß nach (VI) bei der Entwicklung des Sternes sich nahezu gasförmige mit flüssigen Zuständen in stetigem Wechsel aufeinander folgen werden, so läßt sich für die Entwicklung des Sternes ein Diagramm zeichnen, das nach JEANS etwa folgendes durch Fig. 1 wiedergegebene Aussehen hat.

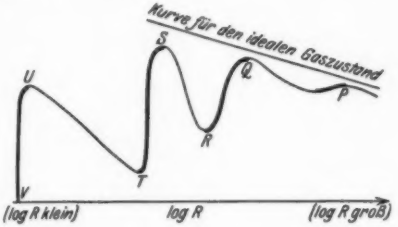


Fig. 1. Beziehung zwischen der Helligkeit E und dem log des Halbmessers R eines Sternes vorgegebener Masse. Die stark ausgezogenen Kurventeile bezeichnen stabile, die übrigen instabile Zustände, die bei der Sternentwicklung miteinander abwechseln.

Hier gibt in willkürlichem Maß die Abszisse den log R, die Ordinate die Emission E. Die gerade Linie gibt die Beziehung zwischen E und log R in idealen Gasen wieder, die ja wegen $\frac{dE}{dR} < 0$ instabil sind. Diejenigen Teile der geschwungenen Kurve, für die gleichfalls $\frac{dE}{dR} < 0$ ist, und die in der Figur schwach gezeichnet sind, stellen demnach instabile Zustände des Sternes dar. Die den stabilen Zuständen entsprechenden Teile sind stark gezeichnet. Betrachten wir z. B. den Kurventeil QRS. Befindet sich der Stern im Radius-Helligkeitszustand Q, so möge der M-Ring weitgehend ionisiert sein. Es gelten hier also nahezu die Gasgesetze. Dann aber werden die — noch bis zum L-Ring vollständigen — Atomreste zunächst immer enger durch die Sternzusammenziehung aneinander gepreßt, so daß die Gasgesetze immer weniger gelten können. Der Teil QR stellt also einen flüssigen und stabilen Sternzustand dar. Inzwischen aber wird auch der L-Ring mehr und mehr ionisiert, so daß der Stern wieder mehr gasförmig wird. Da dieser Zustand wieder ein instabiler ist, wird er schnell dem in R beginnenden neuen stabilen Zustand zustreben. Nunmehr ist der größte Teil der Atome bereits bis zum K-Ring herab ionisiert. Das entsprechende Spiel beginnt nun für diese Atomreste. In U ist der größte Teil der Atome auch bereits der K-Ring-Elektronen beraubt, so daß UV die Sternzustände wiedergibt, bei denen die übriggebliebenen Kerne stärker und stärker zusammengepreßt werden. Da jetzt keine Ringelektronen mehr vorhanden sind, kann dem UV kein gasförmiger Kurvenzweig folgen.

Die in Fig. 1 gezeichnete Kurve gilt nur für einen Stern vorgegebener Masse. Zeichnet man jetzt die den verschiedenen Massen entsprechenden Kurven, benutzt hierbei aber als Abszisse nicht den log R, sondern den log der effektiven Temperatur, d. h. derjenigen Temperatur, die ein schwarzer Körper hat, bei dem die Intensitätsverteilung über die einzelnen Wellenlängen gleich ist derjenigen des Sternes, so erhält JEANS die in Fig. 2 wiedergegebene

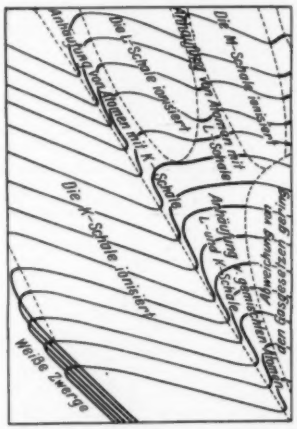


Fig. 2. Aufteilung des Temperatur-Helligkeitsdiagrammes in stabile (stark gezeichnete) und instabile (schwach gezeichnete) Bereiche. Als Abscisse ist der log der effektiven Temperatur T_e, als Ordinate die absolute bolometrische Helligkeit (log E) gewählt. Jede Kurve entspricht einer bestimmten Masse. Die Entwicklung eines Sternes vorgegebener Masse vollzieht sich längs der entsprechenden Kurve von rechts nach links (←).

Kurvenschar, in der wie vorher die den stabilen Zuständen entsprechenden Teile stark ausgezogen sind.

Zeichnet man in ein entsprechendes Netz die wirklichen Sterne nach ihrer Helligkeit und effektiven Temperatur ein, so erhält man das durch Fig. 3 dargestellte wohlbekannte RUSSELL-Diagramm. In Fig. 3 sind im Anschluß an Fig. 2 die stabilen und instabilen Gebiete durch eingezeichnete Kurven angedeutet. Man erkennt, daß sich die wirklich existierenden Sterne fast ausschließlich auf jene Gebiete verteilen, die nach JEANS den stabilen (flüssigen) Sternzuständen entsprechen.

* * *

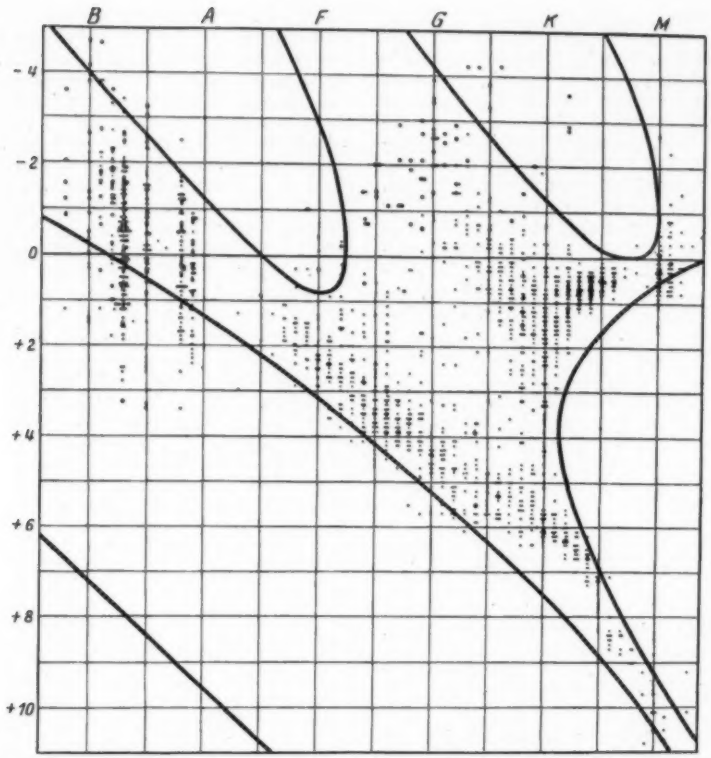


Fig. 3. Aufteilung des RUSSELL-Diagrammes in stabile und instabile Bereiche, der Fig. 2 entsprechend. Das RUSSELL-Diagramm gibt die Verteilung von 2100 Sternen nach Spektraltyp (*B, A, F, . . .*) und Helligkeit. Man erkennt, daß fast alle Sterne in dem nach JEANS stabilen Bereich liegen, der dem flüssigen Zustand entspricht.

Wenn wir auch an vielen Stellen darauf hinweisen mußten, daß die mathematischen oder physikalischen Begründungen, Annahmen oder Folgerungen in den JEANSschen Originalabhandlungen uns nicht einwandfrei erscheinen, so erweisen sich doch die Endresultate als äußerst geistvoll. Auch stimmen sie hinsichtlich der Verteilung der Sterne im Temperatur-Helligkeitsdiagramm mit der durch das RUSSELL-Diagramm wiedergegebenen Wirklichkeit so weitgehend überein, daß man nur zu leicht geneigt ist, sie kritiklos anzuerkennen. Es liegt uns daher auch fern, sie voreilig abzulehnen, nur müssen die Fundamente, auf denen sie beruhen, noch wesentlich besser begründet werden, ehe wir die in den Endergebnissen zum Ausdruck gebrachte Theorie anerkennen können.

Die Herkunft der Moldavite.

Von J. CHLOUPEK, Berlin.

Über die Herkunft der Moldavite, jener seltenen Gläser von grünlicher Farbe, die zu den Tektiten gehören und in Böhmen und Mähren auf etwa 25 Fundstätten sich finden, ist unlängst eine größere Arbeit in den Abhandlungen der Prager Akademie der Wissenschaften erschienen (Jahrgang 37, Nr 24 [1928]). Der Autor, Ing. F. HANUŠ, faßt darin seine aus dreißigjähriger Tätigkeit stammenden Erfahrungen zusammen. Es scheint zweckmäßig, einen kurzen Abriß aus dieser in tschechischer Sprache verfaßten Arbeit deutschen Lesern zugänglich zu machen.

Über den Ursprung der Moldavite ist seit dem Erscheinen der grundlegenden Arbeit von Prof. E. SUESS[1] nichts wesentlich Neues bekannt geworden. Die alte Streitfrage, ob Moldavite Kunst- oder Naturprodukte sind und, wenn letzteres, woher sie stammen, wurde von den späteren For-

[1] F. E. SUESS, Jahrb. d. geolog. R. A., Wien 1900, 50, 193.

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

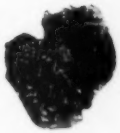


Fig. 4.

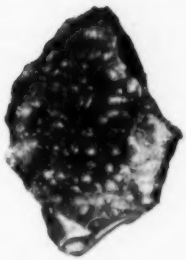


Fig. 5.

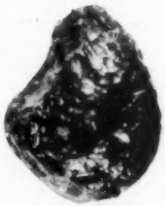


Fig. 6.

Fig. 7.

Fig. 8.

Fig. 9.

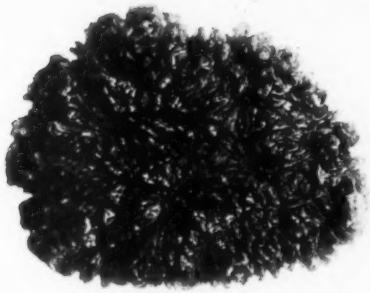


Fig. 10.

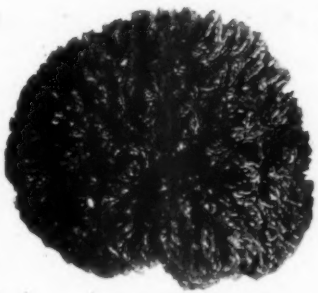


Fig. 11.

Fig. 12.

Fig. 13.

Moldavite.

schern in verschiedenem Sinne beantwortet. Herr HANUŠ bringt nun neue Beobachtungen zu dieser Frage, wobei er auf Grund der Oberflächenbeschaffenheit, der Verbreitung und des Fundortes der Moldavite Schlüsse zieht.

Alle Moldavite sind fast reines (90proz.) Aluminiumsilicat (mit wenig Fe, Ca, Mg, K und Spuren Na), und schwer schmelzbar (Schmelzpunkt 1300—1400°). Diese einheitlichen, klaren, gut durchgeschmolzenen Gläser findet man immer unter der Ackererde in kieseligen Schichten, die dem Tertiär angehören. Die Masse ist fast stets mit sehr feinen — ausnahmsweise auch größeren — Gasbläschen durchsetzt. Die Oberfläche weist charakteristische Skulpturen und Brüche auf, auch Risse, die zuweilen sehr fein sind. Man kann formal nach dem Autor *Ganzstücke* und *Teilstücke* unterscheiden. Die Ganzstücke sind immer tropfenförmig, wie aus einer mehr oder minder viscosen Glasschmelze stammend; kugelige, ovale, thränenförmige bis ganz längliche Formen treten auf, manchmal einseitig verzerrt. Bei eingehendem Studium kam der Autor, der selber die umfangreichste Sammlung von Moldaviten (800 Stück) besitzt, zur Ansicht, daß ein gewaltsamer Austritt von Gasen diese Deformationen verursachte. (Siehe Fig. 1 [löffelförmig]; Fig. 2 mit Öffnung; alle Moldavite sind auf den Figuren in natürlicher Größe dargestellt.) 50% aller Moldavite sind von länglicher, abgeplatteter Form. Zuweilen findet man — vielleicht durch Drehung entstandene — Ellipsoide. Auch schalenförmige Gebilde findet man ab und zu, die der Autor als durch Austritt einer großen Blase entstanden deutet.

Die Teilstücke weisen fast immer auf ihren Ursprung aus Ganzstücken deutlich zurück, und zwar entweder durch Bruch oder häufiger — nach Ansicht des Autors — durch Schnitt; es wirkten dabei scharfe, heiße Luftströme (analog wie man Eisen durch Druckflammen schneidet). Er fand z. B. nicht ganz vollendete Schnitte oder auch kreisförmige Ausschnitte (s. Fig. 4).

Die Oberfläche der Moldavite ist glänzend oder auch zuweilen durch chemische Korrosion matt geworden. Auch mechanische Einflüsse trugen dazu bei, wie man sehr gut bei 50facher Vergrößerung sehen kann. Die korrodierten Stücke sind an gewisse Fundorte gebunden. Viel öfter findet man fett-, lack- oder glasglänzende Stücke. Alle Moldavite tragen an der ganzen Oberfläche große Mengen von Skulpturgrübchen, die auch glänzend sind und in verschiedene Kategorien eingereiht werden können, über die sich der Autor ausführlich äußert. Auch die Anordnung der Skulpturelemente ist charakteristisch; man kann unterscheiden:

1. Unregelmäßige Reihen (Fig. 5, 6, 7).
2. Radiale Reihen (Fig. 8, 9, 10, 11).
3. Parallele Reihen (mit der Hauptachse), (Fig. 3, 12).
4. Kreisförmige und spiralige Reihen (Fig. 13).

HANUŠ meint, daß alle diese Umstände darauf hindeuten, daß Moldavite durch Abschmelzen von Tropfen aus einem Meteoriten stammen, dessen Masse durch Luftreibung hoch erhitzt war; und zwar die kugeligen Stücke aus der ersten, heißesten Fraktion von geringerer Zähigkeit (entspricht den Stücken aus Mähren), während die sehr langen Tropfen, die nur in Böhmen sich vorfinden, auf eine zähere, also kältere Fraktion deuten. Das würde heißen, daß der Flug des Meteoriten ungefähr in der Richtung des 49. Parallelkreises geschehen ist, und zwar im Sinne der Erdumdrehung. Auch die höhere Oxydationsstufe des Eisengehalts bei den mährischen Moldaviten und ihr kleinerer Gasgehalt ist damit in Einklang. Eine Karte der Fundorte von Moldaviten in Böhmen und Mähren liegt der Arbeit bei.

Der Autor kommt demnach auf Grund größeren Tatsachenmaterials zu demselben Schluß wie F. SUESS, daß die Moldavite einem Glasmeteoriten entstammen. Während bei Eisenmeteoriten aus dem Heliumgehalt auf das Alter dieser Körper geschlossen werden kann[1], ist dies bei Moldaviten, trotz ihres gut meßbaren Heliumgehalts, wegen ihrer Fähigkeit Helium selektiv aus der Atmosphäre aufzunehmen, nicht möglich[2].

[1] F. PANETH, H. GEHLEN und P. L. GÜNTHER, Z. Elektrochem. **34**, 645 (1928).

[2] F. PANETH, K. W. PETERSEN und J. CHLOUPEK, Ber. dtsch. chem. Ges. **62**, 801 (1929).

Eine zusammenfassende Untersuchung über das afro-brasilische Gondwanaland.

Die immer weiter fortschreitende geologische Erforschung in Südafrika und in den zu Südbrasilien, Uruguay und Argentinien gehörenden Teilen Südamerikas hat zu der Erkenntnis geführt, daß auf beiden Seiten des Atlantischen Ozeans in vielen Beziehungen solche Übereinstimmungen im Bau, Schichtenfolge und Gesteinsbeschaffenheit herrschen, daß der Gedanke einer ursprünglichen Einheit wohl nicht mehr von der Hand gewiesen werden kann. Leider sind die betreffenden Originalarbeiten in einer großen Anzahl von Zeitschriften englischer, spanischer und portugiesischer Zunge verstreut, die in Deutschland teils schwer zugänglich, teils schwer lesbar sind.

Es ist deshalb besonders zu begrüßen, daß nun ein Werk in englischer Sprache vorliegt, das eine Übersicht über den heutigen Stand der Forschungen gibt: es ist das Buch von ALEX. L. DU TOIT: *A geological comparison of South America with South Africa*[1].

Es handelt sich hier um eine groß angelegte Arbeit über das *Gondwanaland*, dessen südafrikanische Bildungen ja der Verf. eingehend studiert hat; er hatte weiter Gelegenheit gehabt, Australien zu bereisen, und schließlich hat ihm die Carnegie Institution es ermöglicht, auch die in Betracht kommenden Teile Südamerikas auf einer fünf Monate währenden Studienreise kennenzulernen. So konnte er es auf Grund einer eigenen Anschauung, die wohl kein anderer Geologe in diesem Maße hatte, unternehmen, einen Vergleich zwischen

[1] Published by the Carnegie Institution of Washington. Washington 1927. Publ. Nr 381. 157 S. 16 Taf, 7 Textfig. 1 mehrfarb. Karte.

den beiden Seiten des atlantischen Ozeans anzustellen und auf die Frage der ehemaligen kontinentalen Zusammengehörigkeit und der Verschiebungshypothese (WEGENER) einzugehen.

Mit Recht wird einleitend bemerkt, daß in den in Betracht kommenden südamerikanischen Ländern ein großzügiger gemeinsamer Arbeitsplan für die in Frage stehenden geologischen Untersuchungen, d. h. also ein Zusammenwirken der betreffenden geologischen Landesaufnahmen leider nicht besteht, was zum großen Teil zurückzuführen ist auf das Mißverhältnis zwischen der Größe der Staaten und der Anzahl der dort tätigen Geologen sowie auch auf das Überwiegen wirtschaftlicher Rücksichten in den Unternehmungen (Wasser, Kohle, Petroleum). Es gibt ja bisher z. B. noch nicht einmal eine geologische Übersichtskarte von Argentinien.

Um so mehr wird man es schätzen, daß dem Werke von DU TOIT eine siebenfarbige geologische Karte in 1 : 5 Millionen beigegeben ist, die von den Quellen des Paraná, Paraguay und San Franzisco bis zum Rio Colorado im nördlichen Patagonien reicht — eine wertvolle Kompilation. Hier springt vor allem in die Augen das riesige Areal, das die sog. *Serra Geral-Effusiva* bedecken, nämlich rund 800000 qkm, ungefähr zweimal die Größe Deutschlands! Es ist die das ganze Paranábecken beherrschende Formation, vom Paranahyba im Norden bis zum Rio Negro in Uruguay reichend, mit ihren Basalten, Melaphyren usw.

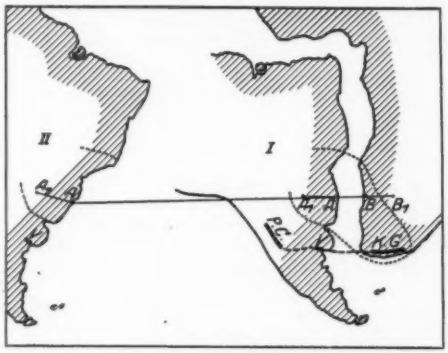
Die Ähnlichkeit, ja oft überraschende Übereinstimmung der Schichtenfolge vom Devon bis zum Lias zwischen Südamerika und Südafrika ist bekannt, ebenso wie die Zugehörigkeit der Falklandinseln zum Gondwanaland. Besonders wichtig waren ja die Entdeckungen KEIDELS in der Sierra de la Ventana, südlich von Buenos Aires (veröffentlicht 1916), die, mitten zwischen den argentinischen Präkordilleren und den Kapgebirgen Südafrikas gelegen, auf Grund ihrer geologischen und stratigraphischen Homologie mit letzteren, sich als Glied der permischen *„Gondwanidenstruktur"* erweist, welche, bogenförmig das Gondwanaland „Afrobrasilia" im Westen und Süden umgebend, einen der bemerkenswertesten Züge in der Architektur dieses Gebietes darstellt (s. die Skizze).

Wie weit tatsächlich die geologische Übereinstimmung auf beiden Seiten des Weltmeeres einerseits sowie andererseits innerhalb der weiten südamerikanischen Gondwanaregion geht, kann man aus der Übersichtstabelle entnehmen, die bei S. 16 unseres Buches eingefügt ist, aus der hier das Wesentliche wiedergegeben sei (vgl. die Tabelle 2).

Die Gondwanaablagerungen liegen, wie man sieht, auf den Moränen einer Vergletscherung großer Ausdehnung (Falklandinseln, Sierra de la Ventana, Präkordilleren, Brasilien, Südafrika), einem Glazialkonglomerat (*Tillit*), das einen äußerst charakteristischen Horizont darstellt. Die darüber liegenden Schichten des Gondwana (vom Mittel- bzw. Obercarbon bis Lias nach DU TOIT) haben an den verschiedenen Örtlichkeiten folgende Namen erhalten: in Südafrika: *„Karroo*-System"; im Paranábecken: *„Santa-Catharina*-System"; in Argentinien *„Paganzo*-System"; auf den Falklandinseln: *„Lafonia*-System". Auffallend ist das örtlich und zeitlich beschränkte Vorkommen des kleinen Reptils *Mesosaurus* auf beiden Seiten des Ozeans, im *„White Band"* der Dwyka-Serie, im Kaoko Veld und in den entsprechenden *Iraty*-Schichten der Passa-Dois-Serie im Paranábecken; bisher ist dies Fossil nirgends sonst in der Welt angetroffen worden (hierzu vgl. man F. v. HUENE: Contribución a la paleogeografía de Sudamérica in Boletín de la Acad. Nac. de Ciencias, Córdoba, Bd. 30, 1927, S. 231—294).

Das Gesamtgebiet des brasilafrikanischen Gondwanalandes ist durch zwei Senkungsfelder der Erdrinde: den Atlantischen Ozean und den Gran Chaco in drei Gebiete getrennt, mit dem Außenposten der Falklandinseln am Rande des patagonischen Schelfs. Mitten im argentinischen Chaco, bei Alhuampa, ist aber eine Tiefbohrung bis auf mehr als 2000 m niedergebracht, in der von 1340 m an Trias-Rhaet (?) in flacher Lagerung, von 1700—2111 m höchstwahrscheinlich Perm (mit *Schizoneura* und *Phyllotheca*) vorkommt, so daß im Untergrund eine Verbindung zwischen dem nordwestlichen Argentinien und dem Paraná-Uruguay-Plateau besteht (vgl. hierzu R. STAPPENBECK: Geologie und Grundwasserkunde der Pampa. Stuttgart 1926 [S. 35 u. 403]).

Die Beziehungen zwischen Südamerika und Südafrika haben bekanntlich Anlaß gegeben zu der Hypothese der Trennung einer vormals zusammenhängenden Kontinentalmasse durch die Öffnung des Atlantischen



Skizze zur Veranschaulichung der Trennung des Gondwana-Landes. *I* Ehemalige Lage von Südamerika (nach DU TOIT). *II* Heutige Lage. ------- Gebiet des Mesosaurus. - - - - Gondwaniden: *P. C.* Präcordilleren. *V* Sierra de la Ventana. *K. G.* Kapgebirge („Kapiden"). Fazieswechsel homologer Schichten: von *A* bis A_1 (in *II*) und von *B* bis B_1 oft größer als zwischen *B* und dem heutigen *A* (in *II*) (schematisch).

Ozeans und langsame Verschiebung Südamerikas nach Westen (WEGENER), eine Hypothese, die ebensoviele Anhänger wie Gegner gefunden hat. (Vgl. auch H. v. IHERING: Die Geschichte des Atlantischen Ozeans. Jena: Fischer 1927; derselbe: Die Verschiebungstheorie der Kontinente und die Bildung des süd- und mittelatlantischen Beckens. Gerlands Beitr. z. Geophysik 18, 266—270 (1927).)

DU TOIT widmet dieser Hypothese das Schlußkapitel seines Werkes, in dem auch eine Textkarte gegeben wird, auf der Südamerika in der Weise um seine Meridionalachse nach NW—SO gedreht ist, daß die Küstenlinien auf beiden Seiten mit ihren verschiedenen Aus- und Einbuchtungen augenfällig parallel verlaufen (s. die Skizze) und es wird von ihm betont: „the rupture of the Afro-American mass is also more than hinted at in the strict parallelism of the zigzag ging of the coast-lines near Rio de Janeiro and Angola respectively". —

Tabelle 1. *Argentinisches Gondwana nach H. Keidel-Buenos Aires.*

Lias			Präkordilleren	Südafrika
„La Rioja"-System = Argentinisches Gondwana	„Pagonzo-Serie"	Trias	Rhät (Thinnfeldia-Schichten)	Stormberg
			Untere Trias (Rote Sandsteine, Arkose, Tonschiefer)	Oberes Beaufort
			Diskordanz	
	„Umango-Serie"	Perm	Oberes: „Catuna"-Schichten (Sandige Schiefer mit Pflanzen. Dunkelrote Sandsteine)	Unteres Beaufort
			Diskordanz	
			Unteres: „Jejenes"-Schichten, „Zonda"-Schichten } Terr.-Glazial	Ecca
			„Tontal"-Schichten Marin-Glazial	Dwyka
			Diskordanz	
			Obercarbon und Kulm mit Pflanzenresten	

Doch dies könnte auch ein äußerlicher Zufall sein[1], und bei der Drehung darf man wohl an den Wunsch als Vater des Gedankens glauben, jedenfalls kann dieser Umstand nicht als entscheidend für die Voraussetzung eines Grabenbruches in der Kontinentalmasse angesehen werden, so bestechend auch diese schon lange bekannte Tatsache sein mag.

Aber auch die innere Verwandtschaft auf beiden Seiten des Meeres ist tatsächlich sehr auffallend. Besonders wichtig scheint mir die Erkenntnis zu sein, daß bei zwei äquivalenten Formationen die einander gegenüber an jeder der beiden Küsten vorkommen, der Facieswechsel von der Küste nach dem Inneren zu häufig größer ist als der zwischen den beiden Küstenorten, trotzdem sie doch durch die ganze Breite des Ozeans getrennt sind (s. die Skizze). Eingehend behandelt der Verfasser die Homologien im Bau der Landmassen auf beiden Seiten des Atlantik, die stratigraphischer, lithologischer und tektonischer Natur sind und fast genaue Übereinstimmung in ihrem paläontologischen und paläoklimatischen Befunden zeigen, und er

[1] Besonders im Hinblick auf die lange, seit der angenommenen Trennung verflossenen Zeit (Mesozoicum), der man doch wohl eine derartig konservierende Wirkung auf die Küstenlinien absprechen muß.

Tabelle 2. *Stratigraphische Vergleichstafel zwischen Südamerika und Südafrika. Devon bis Lias. Kursivdruck = Schichten mit diskordanter Lagerung.*

Europa	Falkland-Inseln	Sierra de la Ventana	Präkordilleren	NW-Argentinien u. Südbolivien	Paraná-Becken	Südafrika
Lias			V. (?) Rotes Konglomerat	Mergel	Santa Catharina-System: São Bento-Serie: Serra Geral-Effusiva	Karroo-System: Stormberg-Serie: Drakenberg-Basalt
Rhaet			Paganzo-System: IV. *Thinnfeldia-Schichten*	Kalkstein, Dolomit	São Bento-Serie: Botucatú-Sandstein Rio do Rasto	Stormberg-Serie: Buschveld-Sandstein Rote Schichten Molteno-Schichten (m. Thinnfeldia)
Trias			III. Sandstein, Arkose Konglomerat Basalt, Tuffe	Bermejo-System: Oberer Sandstein (mit Melania) Mandiyuti Oquita	Passa Dois-Serie: *Oberes Estrada Nova*	Beaufort-Schichten
Perm	Lafonia-System: Sandsteinschiefer, Schiefer, Tonschief.	Pillahuincó-Schichten	II. Bunte Schichten rötl., grau, weiß		Passa Dois-Serie: Unteres Estrada Nova	Ecca-Schichten
Obercarbon	Sandstein, Schiefer	Schiefer	I. Schiefer Glazial Cardiopteris Sch.	*Marine-Schichten mit Spirifer und Productus*	Iraty-Schichten	Dwyka-Serie: „White Band"
	Glazial	Glazial	*Glazial* (b. Barreal: Tontal-Sch. (marin) Glazial)		Tuberão: Palermo Rio Bonito; Itararé: *Glazial*	*Mesosaurus* Obere Schiefer; Glazial Untere Schiefer
Mittel-, Unter- Carbon						
Mitteldevon	Quarzit, Sandstein	Grauwacke				Kap-System: Witteberg-Quarzit und Schiefer
Unterdevon	Fossilführende Schiefer u. Sandsteine	Fossilführende Schiefer	Schiefer, Sandstein, Grauwacke	*Conularia und Crinoiden-Schichten*	*Furnas Sandstein*	Bokkeveld-Schichten (mit Fossilien)
Oberstes Silur	*Fossillose Sandsteine*	*Ventana-Quarzit*		*Icla-Sandstein*		*Tafelberg-Sandstein*

kommt zu dem Schluß, daß zwischen beiden Seiten ein „astonishing geological agreement" herrscht.

Es sei zum Schluß dieses Referates daran erinnert, daß die Entdeckung und das Studium des argentinischen Gondwana oder „Paganzo" das Werk *deutscher Geologen* ist: BODENBENDER, KEIDEL, STAPPENBECK und als Paläobotaniker KURTZ. Von BODENBENDER stammt der Name Paganzo für die Schichtenfolge ausschließlich Rhaet, KEIDEL hat kürzlich eine Neueinteilung vorgeschlagen, besonders auf Grund seiner Untersuchungen in der Präkordillere von San Juan, wie sie Tabelle 1 zeigt.

Sein Verdienst ist besonders die Entdeckung der permischen Moränen in der Sierra de la Ventana und in der Präkordillere, wo er einen intensiven Deckenbau feststellte. Hier begegnen nun einige Unstimmigkeiten zwischen den Ansichten von KEIDEL und DU TOIT, welch letzterer KEIDELS Einteilung des Gondwana hier nicht anerkennt (S. 28ff.). In einer brieflichen Mitteilung an den Referenten betont aber KEIDEL, daß DU TOIT bei seinem nur drei Tage währenden Aufenthalt an der Sierra Chica de Zonda die äußerst verwickelte Tektonik nicht begriffen hat, statt des Deckenbaues habe er einfache Lagerung angenommen und sei dementsprechend zu irrigen Altersbestimmungen gelangt, besonders betreffs des Alters der Moränen (KEIDEL: Perm; DU TOIT: Unteres bis oberes Carbon, gestützt auf den Fund von untercarbonen Farnen, wie *Cardiopteris polymorpha*, den KEIDEL anzweifelt und für ungenau bestimmtes *Neuropteridium validum* der Glossopterisflora hält). Es steht zu erwarten, daß diese Kontroverse eine kritische Auseinandersetzung KEIDELS mit diesen Anschauungen über das argentinische Gondwana zeitigen wird. Zu vergleichen wäre hierzu besonders noch: H. KEIDEL: Observaciones geológicas en la praecordillera de San Juan y Mendoza in Anales del Ministerio de Agricultura, **15**, Nr 2 (Buenos Aires 1921) und von demselben: Sobre la distribución de los depósitos glaciares del Pérmico conocidos en la Argentina y su significación para la estratigrafia de la serie de Gondwana y la paleogeografía del hemisferio austral in Boletín de la Acad. Nac. de Ciencias, Córdoba, **25**, 239—368 (1928); B. v. FREYBERG: Geologische Untersuchungen in der Sierra de de los Llanos (La Rioja, Arg.) in Abh. Senckenberg. Naturforsch. Ges. Frankfurt a. M. **39**, H. 3 (1927).

Schließlich sei auch noch erwähnt, daß ebenfalls in Uruguay hauptsächlich durch *deutsche Geologen* die Kenntnis des geologischen Baues gefördert worden ist, nämlich zuerst durch GUILLEMAIN und in neuester Zeit besonders durch K. WALTHER in Montevideo. Alle diese Forschungen sind DU TOIT wohlbekannt, sie bilden neben den englischen Arbeiten über Brasilien (BRANNER, DERBY, COLEMAN, WHITE u. a.) das Grundgerüst für seine Darstellungen über das südamerikanische Gondwana, die ein wertvolles Studienwerk bleiben. Sieben Seiten Bibliographie bilden den Schluß, und in einem Anhang behandelt dann F. R. COWPER REED noch „Upper carboniferous fossils from Argentina".

FRANZ KÜHN.

Zuschriften.

Der Herausgeber bittet, 1. im Manuskript der *Zuschriften* die Notwendigkeit einer raschen Veröffentlichung an dieser Stelle zu *begründen*, 2. die Mitteilungen auf einen Umfang von *höchstens* einer Druckspalte zu beschränken. Bei längeren Mitteilungen muß der Verfasser mit Ablehnung oder mit Veröffentlichung nach längerer Zeit rechnen.

Für die Zuschriften hält sich der Herausgeber nicht für verantwortlich.

Versuche über Insulin.

Insulin wird von Formaldehyd unter den von SÖRENSEN gegebenen Bedingungen *langsam* inaktiviert. Die Wirkung kehrt durch warme, verdünnteste Salzsäure zum Teil wieder. Die Inaktivierungsreaktion besteht also nicht in der Wechselwirkung des Formaldehyds mit einer Aminogruppe, denn nach SÖRENSEN reagieren die α-Aminosäuren sofort mit Formaldehyd. Die Reaktionsprodukte spalten nach unseren Versuchen mit verdünnten Säuren den gesamten Formaldehyd ab, ebenso das Einwirkungsprodukt auf Diketopiperazin. Methylindol bindet dagegen, wie bereits bekannt, den Formaldehyd irreversibel. Guanidin wird aus seiner Formaldehydverbindung unter denselben Bedingungen nicht unverändert zurückgewonnen. Arginin wird dagegen zurückgebildet.

Durch Alkali entacetyliertes Acetylinsulin [„Regenerat", Hoppe-Seylers Z. **175**, 1 (1928)] ist gegen verdünntes Alkali beständiger als Insulin selbst. Damit wird bestätigt, daß das Regenerat kein Insulin selbst, sondern ein Derivat, vielleicht noch teilweise acetyliertes Insulin ist. Empfindlicher als Insulin ist ein amorphes Präparat hoher Wirksamkeit (ca. $^4/_5$ des krystallinen Insulins), das aus guten technischen Präparaten durch heiße $^n/_{10}$-Salzsäure mit 1% Natriumchlorid nach Art einer Koagulation abgeschieden wird. Bei dieser Säurebehandlung geht die Stärke des angewendeten Insulins auf ca. 80% zurück; von diesen verbleibenden 80% findet sich fast die ganze Wirksamkeit in dem Koagulat in angereicherter Form wieder. Nur 5—10% bleiben in den Mutterlaugen. Die Ergebnisse bleiben dieselben, gleichgültig, ob stärkere oder schwächere technische Präparate verwendet wurden. Am krystallisierten Insulin hat DU VIGNEAUD mit seinen Mitarbeitern [J. of Pharmacol. **33**, 497 (1928)] ähnliche Beobachtungen gemacht.

Insulin enthält nach J. J. ABEL alkalibeständigen und labilen Schwefel. Wir bestätigen, daß mit zunehmender Reinheit der Gesamtschwefel ansteigt und innerhalb desselben der labile in erhöhtem Maße zunimmt. Aber die Abspaltung des labilen Schwefels steht mit dem Rückgang der Wirksamkeit in *keinem* Zusammenhang. Es läßt sich zeigen, daß durch $^n/_{20}$-Alkali bei 0° in 2 Tagen ohne Verminderung der Wirksamkeit 1—2% des Gesamtschwefels (das sind 0,05% des Insulins und 2—4% des labilen Schwefels) abgespalten werden und daß bei 34° in $1^1/_2$ Stunden bei gleichem Verhalten des Schwefels die Wirksamkeit des Insulins auf $^1/_4$ herabgesetzt wird. Es hat den Anschein, als sei zwar der Eiweißkörper, der die wirksame Gruppe des Insulins enthält, an festem und labilem Schwefel reich, daß aber der Schwefel, vor allem der labile, an der wirksamen Gruppe unbeteiligt sei.

Die spezifische Drehung des Insulins in verdünntester alkalischer Lösung beträgt 70—85° nach links, zunächst steigt beim Aufbewahren der Lösung die Drehung an, um alsdann weiter abzunehmen und in der Nähe des Anfangswertes oder darunter haltzumachen. Bei der Einwirkung von Natronlauge fällt das Maximum der Drehung ungefähr mit der Inaktivierung zusammen, während bei Anwendung von Ammoniak Enddrehung und Unwirksamkeit nahezu übereinstimmen. Die Drehungsänderung zeigt mit der Abspaltung des Schwe-

fels keinen Zusammenhang. Unwirksame Präparate, z. B. das Filtrat der Koagulation mit Salzsäure, zeigen mit Alkali keine Veränderung der Drehung.

Bei der Einwirkung von Zink in Salzsäure fällt die spezifische Drehung des Insulins von etwa $-70°$ auf etwa $-20°$ ab. Die Inaktivierung hält mit der Abnahme der Drehung gleichen Schritt, Reaktivierung, z. B. durch Luft, wurde nicht erreicht.

Demnach stehen optische Aktivität und Wirksamkeit in einem Zusammenhang. Das Absorptionsspektrum der Insulinkrystalle zeigt eine starke Bande bei 2700 Å. Nach DEBYE-SCHERRER werden nur Interferenzen wie bei amorphen Substanzen beobachtet. Die Insulinkrystalle verhalten sich also auch hierin wie echte Eiweißkrystalle. Es besteht keine Gewähr dafür, daß die Moleküle, die den Krystall aufbauen, untereinander identisch sind.

Insulinpräparate enthalten mit steigender Reinheit wachsende Mengen durch Jodwasserstoff abspaltbare Methylgruppen (bis zu 0,7%). Zugleich wird die jeweils äquivalente Menge Schwefel abgespalten, so daß der Schluß auf Thiomethyl naheliegt. Auf Methionin [G. BARGER, F. P. COYEN, Biochemic. J. **22**, 1417 (1928)] berechnet, müßten ungefähr 3% dieser geschwefelten Aminosäure vorhanden sein.

Heidelberg, Chem. Institut der Universität, den 21. Juni 1929. KARL FREUDENBERG,
WILHELM DIRSCHERL, HERMANN EYER.

Besprechungen.

Handbuch der Astrophysik. Herausgegeben von G. EBERHARD, A. KOHLSCHÜTTER, H. LUDENDORFF. Bd. 6. Zweiter Teil: **Das Sternsystem.** Bearbeitet von F. C. HENROTEAU, H. LUDENDORFF, K. G. MALMQUIST, F. J. M. STRATTON. Berlin: Julius Springer 1928. IX, 474 S. und 123 Abb. 17×26 cm. Preis geh. RM 66.—, geb. RM 68.70.

Das astrophysikalische Observatorium in Potsdam hat das große Verdienst, beständig für Neuausgaben des berühmten NEWCOMB-ENGELMANNschen Werkes „Populäre Astronomie" zu sorgen. Als gemeinverständliche Übersicht über die wichtigsten Ergebnisse der astronomischen Forschung steht dieses Werk in der ganzen Weltliteratur unerreicht da, vor allem dadurch, daß es durch Zusammenarbeit einer Anzahl Männer zustande gekommen ist, die — jeder auf seinem Gebiete — ausgedehnte Fachkenntnisse besitzen. Ohne eine solche Zusammenarbeit wäre eine so umfassende, wissenschaftlich unangreifbare populäre Darstellung sämtlicher Gebiete der Astronomie, die sich überhaupt populärisieren lassen, nicht möglich.

Wenn dasselbe Observatorium jetzt die große Aufgabe auf sich genommen hat, für eine rein *wissenschaftliche* Darstellung der Resultate der modernen Zweige der Astronomie zu sorgen, ist es von allen Seiten der wissenschaftlich arbeitenden Astronomie mit der größten Genugtuung zu begrüßen. Bei dem NEWCOMB-ENGELMANNschen Werke blieb die Liste der Mitarbeiter auf das Personal des Potsdamer Observatoriums beschränkt. Bei der Planlegung des neuen Unternehmens hat man naturgemäß den Mitarbeiterkreis in solchem Umfang erweitert, daß er führende Gelehrte aus einer ganzen Anzahl Nationen umfaßt.

Das große Werk, von dem der Band 6 als erster erschienen ist, wird nun weit mehr geben, als der Titel verspricht, indem es einen Überblick nicht nur über die Astrophysik in strengem Sinn dieses Wortes, sondern die Resultate der ganzen stellarastronomischen Forschung überhaupt vermitteln wird.

Das Handbuch wird im ganzen 6 Bände umfassen. Die drei ersten Bände werden die Grundlagen der Astrophysik und Stellarastronomie behandeln. Band 4 ist dem Sonnensystem gewidmet, in den Bänden 5 und 6 wird das Sternsystem behandelt.

Der vorliegende Band 6 enthält vier Beiträge: The Radial Velocities of the Stars von MALMQUIST, Die veränderlichen Sterne von LUDENDORFF, Novae von STRATTON, Double and Multiple Stars von HENROUTEAU.

Der Beitrag von MALMQUIST gibt zunächst, nach einer historischen Einleitung, eine wertvolle Zusammenstellung der Quellen der Radialgeschwindigkeitsbeobachtungen und in diesem Zusammenhange in zwei Tafeln eine kleine Zusammenstellung der Radialgeschwindigkeiten der Sterne heller als 2m0 und der Sterne mit Radialgeschwindigkeiten größer als 100 km/sec. Dann folgt ein Abschnitt, der den Bestimmungen der Sonnenbewegung aus Radialgeschwindigkeiten gewidmet ist. Nach kurzen theoretischen Erörterungen folgt eine ausführliche Aufzählung der Bestimmungen der Elemente der Sonnenbewegung (das Material ist groß: es war einmal beinahe Modesache, Apexbestimmungen auszuführen). Im nächsten Abschnitt werden die auf Radialgeschwindigkeiten fußenden Untersuchungen über die Verteilung der Sterngeschwindigkeiten behandelt. Die Zweistromhypothese und die Ellipsoidenhypothese und die Darstellung des Beobachtungsmateriales durch die beiden Hypothesen werden besprochen, ebenso wie die Untersuchungen über die Asymmetrie in der Geschwindigkeitsverteilung. Der letzte Abschnitt behandelt ganz kurz Probleme wie Sternströme, Gruppenparallaxen, Zusammenhang zwischen absoluter Leuchtkraft und Radialgeschwindigkeit und die Raumgeschwindigkeiten der Sterne, alles Probleme, wo die Radialgeschwindigkeiten mit anderen Messungsergebnissen kombiniert werden.

Der Artikel ist eine ausgezeichnete Darstellung eines wichtigen Teiles der Stellarastronomie. Man könnte gegen die Art der Behandlung bei MALMQUIST vielleicht einwenden, daß sie etwas unübersichtlich erscheinen kann. Ich meine, hätte man dies Gebiet von einem einheitlichen Gesichtspunkte, etwa dem LINDBLAD-OORTschen, betrachtet, so wäre die Darstellung wohl übersichtlicher geworden. Andererseits muß hervorgehoben werden, daß es natürlich sehr wertvoll ist, das Beobachtungsmaterial so rein wie möglich vor den Augen zu haben.

Der zweite Beitrag — Die veränderlichen Sterne — ist von LUDENDORFF verfaßt. Dieser Beitrag über ein so wichtiges Gebiet ist der umfangreichste in dem vorliegenden Bande, und in den Händen von LUDENDORFF ist er auch der schwerwiegendste geworden. Die Darstellung ist sehr klar, und dabei sind es auf wesentlichen Punkten die Untersuchungen LUDENDORFFS, die die Klarheit geschaffen haben.

Die Ordnung des Stoffes in diesem Beitrag ist so, daß nach Definition des Begriffes der veränderlichen Sterne und nach einer historischen Übersicht die Klassifikation der veränderlichen Sterne folgt; dann werden die aufgestellten Klassen einzeln behandelt, und zuletzt wird der Zusammenhang der Klassen besprochen.

STRATTONS Beitrag, Novae, enthält ein Verzeichnis der sicher bekannten Novae und behandelt dann die Verteilung, die Parallaxen und die Eigenbewegungen, die Lichtkurven und die absoluten Leuchtkräfte der Novae. Es folgt ein Abschnitt über die Spektrophoto-

metrie des kontinuierlichen Spektrums der Novae. Der nächste Abschnitt, die spektroskopische Geschichte der Novae, bezeichnet gewissermaßen den Schwerpunkt des Artikels; sehr ausführlich wird das ganze Beobachtungsmaterial zur Darstellung gebracht. Der jetzt folgende Abschnitt behandelt die in einigen Fällen beobachtete Nebelstruktur der Novae. Im letzten Abschnitt werden die Theorien der Novae besprochen. Nun ist man ja auf diesem Gebiete von dem vollen Verständnis der Phänomene weit entfernt, und dies muß naturgemäß die Darstellungsart beeinflussen. So darf man es STRATTON nicht zum Vorwurf machen, daß die Darstellung des Beobachtungsmaterials manchmal beinahe in Anekdotenform gegeben wird; im Gegenteil, man muß bedenken, wie nützlich diese treffliche Darstellung sein wird, wenn es einmal gilt, das Beobachtungsmaterial unter die Gesichtspunkte einer vollkommeneren Theorie einzuordnen.

Der letzte Beitrag, Double and Multiple Stars, von HENROUTEAU, beginnt mit einer ausführlichen historischen Übersicht. Dann werden zunächst die visuellen Doppelsterne behandelt: Klassifikation, Beobachtungen, Bahnbestimmung und Zusammenstellung bekannter Bahnen. Es folgen drei Abschnitte über spektroskopische Doppelsterne, die Beobachtung und Bahnbestimmung behandeln und zum Schluß die MOORESche Tafel der bekannten spektroskopischen Doppelsternbahnen bringen. Dann werden die Algolsterne und die β-Lyraesterne behandelt und die RUSSELLsche Methode der Elementenbestimmung ausführlich, mit den nötigen Tafeln, zur Darstellung gebracht. Zwei Abschnitte, über Statistik der Doppelsterne und über mehrfache Systeme, bilden den Schluß des Artikels. HENROUTEAUS Beitrag geht manchmal etwas in die Breite; doch dies mag auch für viele Leser ein Vorteil sein, und wer sich auf diesem Gebiete orientieren will, wird von HENROUTEAUS Beitrag großen Nutzen ziehen.

Schon der vorliegende Band gibt ein Zeugnis davon ab, wie mannigfaltig der Inhalt und die Methoden des neuen Werkes sind, und gleichzeitig davon, wie mannigfaltig die Probleme und die Methoden der modernen Stellarastronomie sind. Im Kapitel über Doppelsterne reine Himmelsmechanik, im Kapitel über Radialgeschwindigkeiten die modernen Methoden der Stellarstatistik, im Kapitel über Novae rein physikalische Gesichtspunkte, die in anderen Bänden vertieft werden sollen, und endlich bei der Klassifikation der veränderlichen Sterne eine Zusammenstellung, eine Aufteilung, eine mühsame, geduldige Verfolgung der feinsten, durch Beobachtung feststellbaren Nuancen, die beinahe an biologische Systematik erinnert — naturgemäß, weil zu dem definitiven Ausbau des „natürlichen Systems" alle erdenklichen Beobachtungsdaten beitragen müssen.

Alles in allem ein stolzes, an Tatsachen und Gesichtspunkten gleich reiches Werk!

ELIS STRÖMGREN, Kopenhagen.

Handbuch der Astrophysik, Bd. 4: **Das Sonnensystem.** Bearbeitet von G. ABETTI, W. E. BERNHEIMER, K. GRAFF, A. KOPFF, S. A. MITCHELL. Berlin: Julius Springer 1929. VIII, 501 S. u. 221 Abb. 17×26 cm. Preis geh. RM 76.—, geb. RM 78.80.

Der vorliegende Band, der als zweiter erscheint, behandelt die physikalischen Verhältnisse im Sonnensystem. Daß von rund 500 Seiten 357 allein der Sonne gewidmet sind, während Planeten, Monde, Kometen und Meteore sich in das letzte Viertel teilen, ist natürlich, wenn man bedenkt, wie wenige Angriffspunkte heute noch diese Himmelskörper der physikalischen Erforschung bieten.

Die drei der Sonne gewidmeten Artikel verteilen den Stoff in der Weise, daß BERNHEIMER über „Strahlung und Temperatur der Sonne", ABETTI über „Solar Physics" und MITCHELL über „Eclipses of the Sun" berichtet. Der Sinn der Trennung der beiden ersten Artikel ist wohl der, daß BERNHEIMER sich mehr mit der Wirkung der Sonne nach außen befaßt, während ABETTI aus den beobachtbaren Phänomenen die physikalische Natur der Sonne zu erschließen sucht. Im Grunde gehört ein Teil des ersten Artikels natürlich auch zur Physik der Sonne.

Bei der Untersuchung der Strahlung der Sonne wird man in der Hauptsache auf die folgenden Probleme geführt: Bestimmung der extraterrestrischen Gesamtstrahlung und ihrer zeitlichen Schwankungen (Solarkonstante); Verteilung der scheinbaren Ausstrahlung auf der Sonnenscheibe (Randverdunkelung); Energieverteilung im Spektrum (effektive Temperatur). BERNHEIMER teilt in Tabellen und Diagrammen die Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen in solchem Umfange mit, daß man eine klare Vorstellung von der augenblicklichen Sachlage erhält. Der Frage nach der Realität der beobachteten Schwankungen der Sonnenstrahlung steht BERNHEIMER mit Recht abwartendkritisch gegenüber. Es bedarf dazu noch mancher Klärung der Verhältnisse in der Erdatmosphäre.

Der Beitrag von ABETTI ist gekennzeichnet durch eine beinahe überreiche Ausstattung mit Bildern (141 auf 170 Seiten). Entsprechend dem Stande der Sonnentheorie trägt er auch sonst mehr beschreibenden Charakter. Bei der Besprechung der Beobachtungsinstrumente liegt das Hauptgewicht auf den Turmteleskopen und den Spektroheliographen, denen man ja auch die meisten Ergebnisse zu verdanken hat. Vielleicht wäre ein kurzer Hinweis auf die direkten Sonnenphotographien (Vergrößerungssysteme, Momentverschlüsse) nicht ganz unangebracht gewesen. Daß die Coelostatenspiegel in Fig. 5 viel kleiner sind als der Hohlspiegel, ist wohl nur ein Versehen.

Die visuellen und photographischen Beobachtungen der Sonnenscheibe betreffen in der Hauptsache die Sonnenflecken und liefern eine erste Unterlage für die Untersuchungen über zeitliche und räumliche Periodizitäten der Sonne (11jähriger Zyklus der Sonnenfleckenhäufigkeit, ungleichförmige Rotation der äußeren Schichten der Sonne). Die spektroskopischen Beobachtungen erweitern und vertiefen die Erkenntnisse: Spektroheliographische Aufnahmen ermöglichen ein Abtasten verschieden tief gelegener Schichten und die Aufdeckung von Zusammenhängen zwischen Flecken, Fackeln und Protuberanzen; die Untersuchungen des Spektrums geben neben der Bestimmung der Drucke und Temperaturen noch die Möglichkeit der Ableitung der Gesetzmäßigkeiten der Rotation (aus dem Dopplereffekt) und der Prüfung des magnetischen und elektrischen Zustandes der Sonne. Vieles ist hier noch Sammlung von Beobachtungsmaterial und empirischen Gesetzmäßigkeiten. Dieser Eindruck wird vermehrt dadurch, daß den Sonnentheorien nur ein Abschnitt von 8 Seiten gewidmet ist.

ABETTIS Beitrag zeugt von einer umfassenden Kenntnis der Materie; nur möchte man manchmal den Stoff etwas straffer zusammengefaßt sehen unter den durch die Problemstellung gegebenen Gesichtspunkten.

MITCHELL gibt im wesentlichen einen Auszug aus seinem umfangreichen Buch „Eclipses of the Sun" und behandelt nach einer breiten historischen Einleitung (sie macht $^1/_3$ des 125 Seiten umfassenden Kapitels aus) die mit dem Flashspektrum und der Corona verknüpften praktischen und theoretischen Fragen. Ein kurzer

Anhang ist noch den fliegenden Schatten und der Prüfung der Lichtablenkung im Schwerefeld der Sonne gewidmet. Aus dem reichen Schatz von Erfahrungen, den MITCHELL selbst bei der Beobachtung einer Reihe von Finsternissen gesammelt hat, fließen manche wertvollen Ratschläge für künftige Beobachter. Auf die theoretischen Fragen wird nur in sehr beschränktem Umfange eingegangen; das aber liegt zum großen Teil an dem noch recht unbefriedigenden Zustande der Theorie überhaupt. Angesichts der Schwierigkeiten und der außerordentlichen Unsicherheiten, die mit Finsternisbeobachtungen verbunden sind, wird man sich immer wieder die Frage vorlegen, ob die Behandlung der zur Diskussion stehenden Fragen nicht von den seltenen Gelegenheiten totaler Finsternisse losgelöst werden könne. MITCHELL kommt zu dem Schluß, daß vorläufig keine Hoffnung besteht, die Corona oder das Chromosphärenspektrum bei Tage zu photographieren.

GRAFF fiel die nicht ganz leichte Aufgabe zu, die physische Beschaffenheit des Planetensystems zu beschreiben. Auf 65 Seiten ist in vorbildlicher Weise, sowohl was den Text als auch die Bilder anlangt, zusammengetragen, was zu dem Gegenstand überhaupt zu sagen ist. Eine kurze Einleitung gibt die notwendigen Formeln und Beschreibungen der Instrumente und Methoden zur Messung der Strahlungseigenschaften der Planeten und ihrer Monde. In drei weiteren Abschnitten werden für die inneren und die äußeren Planeten sowie für den Erdmond die aus den Beobachtungen möglichen Schlüsse auf Oberflächenbeschaffenheit, Rotation und Temperaturverhältnisse gezogen. Nach einem kleinen Exkurs über die kleinen Planeten und die Trabanten der großen folgt eine Darlegung der mit dem Zodiakallicht verbundenen Fragen.

Bezüglich der Mondkrater stellt sich GRAFF entschieden auf den Standpunkt, daß nur eine vulkanische Entstehung wirklich mit der Gesamtheit der Beobachtungen verträglich sei, während die Aufsturztheorie stets nur einzelne Erscheinungen erklären könne. Die Frage nach der kosmischen oder atmosphärischen Natur des Zodiakallichtes, die in der letzten Zeit wieder mehrfach Gegenstand der Diskussion gewesen ist, kann GRAFF überzeugend zugunsten der von den Astronomen stets bevorzugten Hypothese einer die Sonne in weitem Umkreis umgebenden kosmischen Staubwolke entscheiden durch Heranziehung eigener Beobachtungen im Hochgebirge.

Im letzten Kapitel gibt KOPFF eine übersichtliche Darstellung unserer Kenntnisse von der Natur der Kometen und Meteore. Die Frage, ob diese seltsamen Wanderer ständig zum Planetensystem gehören oder ob sie aus interstellaren Räumen kommen, ist auf der Grundlage von statischen Untersuchungen und Störungsrechnungen diskutiert worden. KOPFF faßt die Ergebnisse dahin zusammen, daß offenbar unter den uns bekannten Erscheinungen Typen beider Arten vorhanden sind. Bezüglich der physischen Beschaffenheit der Kometen besteht heute kein Zweifel mehr, daß es sich um kosmische Staubmassen handelt, die bei Annäherung an die Sonne zum Teil verdampfen und dadurch das Emissionsbandenspektrum erzeugen, zum Teil aber auch nur das Sonnenlicht reflektieren, wie aus dem kontinuierlichen Spektrum geschlossen werden muß. Die Schweife der Kometen sind eines der interessantesten Objekte der Beobachtung und der Theorie. Haben wir es doch offenbar hier mit der Wirkung einer Repulsivkraft zu tun, die ihren Sitz in der Sonne hat und die Bewegungsverhältnisse kleinster Teilchen neben der Gravitation bestimmt.

Die Meteore verdienen in zweifacher Hinsicht Beachtung: sie bringen uns außerirdisches, wahrscheinlich sogar interstellares Material, dessen Analyse wichtig erscheint für die Lösung der Frage nach der Verteilung der Elemente im Kosmos. Daneben aber ermöglichen sie auch noch ein Studium der höchsten Atmosphärenschichten der Erde durch die Leuchterscheinungen, die sie beim Durchlaufen dieser Schichten erzeugen.

Das „Handbuch der Astrophysik", von dessen geplanten 6 Bänden jetzt zwei vorliegen, stellt ohne Zweifel eine Tat dar, für die man den Herausgebern und dem Verleger nicht weniger zu Dank verpflichtet ist als den Autoren, die sich bereit gefunden haben, daran mitzuarbeiten. Wer weiß, wie wenig durchgearbeitet heute noch all die in dem Handbuch behandelten Gebiete sind, wie sehr wir noch am Anfang einer wirklichen Physik der Sterne stehen, der wird gerne über kleine Unvollkommenheiten wegsehen.

Soweit man sich aus den beiden vorliegenden Bänden ein Urteil bilden kann, scheint ein Teil der Artikel zu breit angelegt. Das Ideal eines Handbuchartikels dürfte doch wohl dieses sein: straffste Zusammenfassung des Materials, Weglassung alles Überholten, Beschränkung auf das Typische und Wesentliche, Verweisung alles Nebensächlichen in Fußnoten und Literaturangaben. Daß einem Teil der Mitarbeiter an dem Handbuch auch ein solches Ideal vorgeschwebt hat, beweisen einige der bereits erschienenen Artikel. Das Handbuch hätte weniger umfangreich und damit billiger werden können — ein heute durchaus nicht zu verachtender Gesichtspunkt, gerade, wo es *das* Handbuch ist, von dem man wünschen möchte, daß es in der Bibliothek nicht nur jeder Sternwarte, sondern jedes Astronomen steht. H. KIENLE, Göttingen.

PRINGSHEIM, PETER, Fluorescenz und Phosphorescenz im Lichte der neueren Atomtheorie. 3. Aufl. Berlin: Julius Springer 1928. (Bildet Bd. VI der „Struktur der Materie in Einzeldarstellungen.") VII, 357 S. und 87 Abb. 14×22 cm. RM 24.—, geb. RM 25.20.

Als 6. Band in der Sammlung „Struktur der Materie" ist die 3. Auflage der Fluorescenz und Phosphorescenz von P. PRINGSHEIM erschienen. Ursprünglich eine kleine Monographie von nicht großem Umfang, ist das Werk mit seiner letzten Auflage, die man in wahrem Sinne des Wortes eine vermehrte und verbesserte nennen kann, auf 350 Seiten gewachsen. Es entspricht diese Vergrößerung in gleicher Weise der wachsenden Bedeutung des behandelten Stoffes, wie der Beliebtheit, der sich das Werk in seinen früheren Auflagen erfreut hat. Die Einteilung und Behandlung des Stoffes in 9 Kapiteln ist besonders in den ersten in großen Zügen erhaltengeblieben. Ganz neu ist das 5. Kapitel, das die Störung der Resonanzstrahlung durch Zusammenstöße behandelt. Aber auch die folgenden Kapitel sind wesentlich umgestaltet, indem weniger wichtige und noch nicht genügend geklärte Erscheinungen mehr zurückgestellt sind, um für das zahlreiche seitdem neu gefundene Beobachtungsmaterial Platz zu schaffen. Wer nicht durch eigene Mitarbeit den heutigen Stand unserer Kenntnis über die Fluorescenz- und Phosphorescenzerscheinungen beherrscht, muß staunen, welche Fortschritte in der kurzen Zeit seit der vorigen Auflage dieses Werkes erzielt worden sind. Dies gilt insbesondere auch von der theoretischen Deutung so vieler experimenteller Beobachtungen, die früher rein phänomenologisch gedeutet, jetzt sich zwanglos in das Gebäude der modernen Atomtheorie einfügen. So lassen sich die Resonanzspektra fluorescierender Gase und Dämpfe durch unsere heutige Theorie der Bandenspektra und die Termdarstellung in ein einheitliches System bringen, und die Mehrzahl der Erscheinungen von Veränderlichkeit

dieser Spektra bei verschiedener Anregung, ihre Polarisationszustände, die Beeinflußbarkeit durch fremde Gase, die Einwirkung elektrischer und magnetischer Felder u. a. m. sind heute geklärt oder doch auf dem Wege zur Deutung. Diese Entwicklung bringt es mit sich, daß die Darstellung etwas weniger elementar gehalten ist und der Verfasser nicht auf die Ausdrucksweise und Formulierung der heutigen Theorie verzichten konnte. Zu begrüßen ist dabei, daß die klare flüssige Ausdrucksweise, die schon die früheren Auflagen ausgezeichnet hat, erhaltengeblieben ist, und auch der Nichtphysiker wird ohne Schwierigkeiten den Ausführungen des Verfassers folgen können. Dies ist um so wichtiger, als die besprochenen Erscheinungen steigende Bedeutung auch für andere Wissensgebiete gewinnen. Es sei dabei nur auf die im 7. Kapitel behandelte Fluorescenz und Phosphorescenz der organischen Verbindungen hingewiesen. Gegenüber der vorigen Auflage verdient noch besonders das 9. Kapitel hervorgehoben zu werden, das die Krystallphosphore behandelt, und meines Erachtens erstmalig eine kurze und doch umfassende, objektive und kritische Darstellung dieser komplizierten Materie bringt. Daß dem Buche ein ausführliches Literaturverzeichnis beigegeben ist, wird jedem, der es zu eigenen Arbeiten heranzieht, sehr willkommen sein. Erwähnt sei noch, daß auch der Verlag durch Vermehrung der Figurentafeln, wie z. B. in der recht guten Wiedergabe der Röntgenspektrogramme von Leuchtphosphoren, den Wert des Buches gesteigert hat. So kann das Werk sowohl demjenigen, der sich nur allgemeine Kenntnisse auf diesem Gebiet erwerben will, empfohlen werden als auch dem Forscher, der diese Kenntnisse für Arbeiten auf anderen Spezialgebieten nötig hat. W. Steubing, Breslau.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

In der Sitzung der Berliner Anthropologischen Gesellschaft am 15. Juni 1929, die im **Kaiser Wilhelm-Institut für Anthropologie** stattfand, gab der Direktor des Instituts, Prof. Eugen Fischer, einen Überblick über sein und seiner Mitarbeiter Arbeitsgebiet. Mehrere Arbeiten behandeln Skelettfunde. So wurden zwei Sakkaiskelette gemessen und beschrieben, außerdem ist eine Arbeit über alt-babylonische Skelette im Gange. Ein sehr interessantes Material stand dem Institut zur Verfügung in den Skeletten mehrerer Bischöfe und Äbte sowie von etwa 50 Mönchen des hessischen Klosters Lorsch, von denen die ältesten aus karolingischer Zeit stammen.

Während die Schädel der hohen Geistlichen alle den langschädligen hochgesichtigen Typ repräsentieren, finden sich unter den Mönchen Vertreter wohl aller europäischen Rassen. Typische Verletzungen an mehreren Skeletten sprechen dafür, daß der damaligen Geistlichkeit auch Reiten und andere Körperübungen nicht fremd waren.

Weitere Untersuchungen gelten der Haarform. Hier fand sich ein noch ganz unbearbeitetes großes Material von australischen Haaren aus dem Besitz von v. Luschan vor. Weiter werden Untersuchungen an Zwillingen durchgeführt. An der Somalitruppe, die im vorigen Jahre im Zoologischen Garten war, ließ sich die Frage prüfen, ob „welliges" Haar als Rassenmerkmal anzusehen ist. Es ergab sich, daß bei der Kreuzung von glattem und stark spiralgedrehtem Haar offenbar ein Erbfaktor für „wellig" zum Vorschein kommt.

An Rindvieh und an anthropoiden Affen sind Untersuchungen im Gange, um analog den Verhältnissen beim Menschen bestimmte Blutgruppen abzugrenzen.

Fortgeführt werden ferner Versuche, den Einfluß der Umwelt auf den Körperbau zu prüfen. Es ergaben sich bestimmte Wirkungen vitaminarmer Ernährung auf die Schädelform von Ratten, die sich wie bei der Anthropometrie durch Indexzahlen messen lassen. Ähnliche Versuche sind über den Einfluß von Thallium und Fluor im Gange.

Zum ersten Male gelang es, exaktes Material über die Vererbbarkeit sog. „Präpariersaalvarietäten" zu gewinnen, d. h. solcher anatomischer Abweichungen, wie Fehlen oder Überzähligsein von Muskeln, Rippen oder Wirbeln, die meist nur auf dem Präpariersaal zufällig entdeckt werden. Aus einem großen Material von Ratten wurden mittels Röntgendurchleuchtung solche Tiere ausgesucht, die Rippen- oder Wirbelabnormitäten boten, und zur Weiterzucht verwendet. Zur Zeit werden etwa 400 Tiere beobachtet. Eine Vererbbarkeit solcher Varietäten ist durch die Versuche festgestellt, ohne daß schon Genaueres über den Erbgang gesagt werden könnte. Wahrscheinlich handelt es sich um mehrere unabhängig mendelnde Faktoren.

Abgesehen von diesen im Institut selbst durchgeführten Arbeiten sind mit Unterstützung der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft anthropologische Erhebungen in ganz Deutschland im Gange. Ohne besondere Organisation hat Fischer eine Art Arbeitsgemeinschaft aller auf diesem Gebiet arbeitenden Forscher zustande gebracht, in der Form, daß ein Mindestprogramm für anthropologische Messungen vereinbart wurde, um vergleichbares Material zu bekommen. Fischer selbst untersucht systematisch die Westfälischen Adelsfamilien. Auch sollen alle vorhandenen Ahnenbilder Westfalens reproduziert werden. Andere Forscher nehmen die Einwohnerschaft ganzer Dörfer und Gemeinden anthropometrisch auf und verwerten zugleich das in den Kirchenbüchern vorhandene genealogische Material. So hofft man, zu weitergehenden Schlüssen zu kommen, als es früher mit dem gesiebten Material etwa von Heeresangehörigen der Fall war. Fischer meint, daß man neben den Rassenverschiebungen, wie sie die Völkerwanderungen brachten, in viel stärkerem Maße die Wirkung der Binnenwanderungen der letzten Jahrhunderte berücksichtigen müsse.

Im Anschluß an diese Ausführungen gab v. Verschuer, der Leiter der Abteilung für menschliche Erblichkeitsforschung des Instituts, Einblick in die Tätigkeit seiner Abteilung. Hauptsächlich werden Zwillinge, eineiige und zweieiige, untersucht, weil die hier gefundenen Verhältnisse guten Aufschluß über Erblichkeitsfragen geben. Die Abteilung hat Beobachtungsblätter für neugeborene und für ältere Zwillinge ausgearbeitet und wird unterstützt von den geburtshilflichen Kliniken und auch von den Schulen, die die älteren Kinder zur Untersuchung schicken. Es werden anthropologische Messungen vorgenommen, besonders auch die Ohrform berücksichtigt, physiologische Methoden, wie Grundumsatzbestimmungen und psychische Prüfungen finden Anwendung. Jetzt wird auch versucht, Erhebungen über den Verlauf der Tuberkulose bei Zwillingen anzustellen. Schließlich berichtete Fischer über die Abteilung für Eugenik, deren Leiter Dr. Muckermann ist. Das Sinken der Geburtenziffer ist eine in der ganzen zivilisierten Welt bekannte Erscheinung, die nur in den einzelnen Ländern verschieden stark ausgeprägt ist. In Deutsch-

land hat die Zahl der Geburten in den letzten Jahrzehnten so rasch abgenommen, daß jetzt z. B. fast die Verhältnisse Frankreichs erreicht sind.

Über die Ursachen dieser Erscheinung Klarheit zu schaffen, ist das Ziel der Abteilung für Eugenik. Es sind Fragebogen über die Kinderzahl der jetzigen und früheren Generationen und über andere Fragen an die Professoren aller Deutschen Hochschulen versandt worden. In ähnlicher Weise sollen Erhebungen bei der Arbeiterschaft großer Industrieunternehmungen, in katholischen und evangelischen Dörfern und bei anderen Bevölkerungsgruppen angestellt werden.

Tierversuche über die Wirkung bestimmter Gifte auf die Nachkommenschaft sind im Gange.

So beschränkt sich das Arbeitsgebiet der Anthropologie längst nicht mehr auf Anthropometrie und Rassenbeschreibung. Die heutige Anthropologie umfaßt die gesamte Biologie des Menschen.

An diese Darlegungen schloß sich eine Besichtigung des Instituts mit seinen Arbeitsräumen, photographischen und physiologischen Instrumenten, den Sammlungen — es befindet sich hier die sog. Universitätssammlung mit über 5000 Schädeln — und den vorbildlichen Tierställen. F. PINKUS.

Die Verwendung des Wasserstoffs in der Metallbearbeitung. In den letzten 5 Jahren ist in Amerika auf manchen Gebieten der Metallbearbeitung eine vollkommene Umwälzung eingetreten. Insbesondere hat die *General Electric Company*, gestützt auf die grundlegenden Arbeiten von LANGMUIR über atomaren Wasserstoff, in ihren Betrieben zahlreiche neue Methoden der Metallbearbeitung eingeführt[1]. Diese beruhen auf der enormen Reduktionswirkung des auf sehr hohe Temperaturen gebrachten Wasserstoffes, sowie auf der Möglichkeit, Metalle bei diesen hohen Temperaturen zum Schmelzen zu bringen.

Daß Wasserstoffgas in statu nascendi zunächst atomarer Natur ist, ist seit langem bekannt, und daß atomarer Wasserstoff vielfach ganz anders reagiert als molekularer Wasserstoff, ist gleichfalls oft dargetan worden. Die Theorie des atomaren Wasserstoffs stammt von NERNST, der als einer der ersten die Wärmeleitfähigkeit des Gases bestimmt hat. NERNST zeigte ferner, bei welch hohen Temperaturen Wasserstoff in seine Atome dissoziiert, wobei die H-Atome vom heißen zum kalten Teil diffundieren und dort infolge ihrer Wiedervereinigung zum Molekül gewaltige chemische Energien erzeugen. Bei etwa 0,01—0,2 mm Druck und bei einer Temperatur über 2600° K. ist die Dissoziation des Wasserstoffmoleküls fast vollständig. Theoretisch ergeben sich folgende Dissoziationsgrade:

Temperatur in °K.	Dissoziationsgrad bei 1 Atm. Druck
300	$2{,}56 \times 10^{-34}$
1000	$3{,}17 \times 10^{-9}$
3000	$9{,}03 \times 10^{-2}$
4000	0,625

Vorstehende Zahlen lassen sich aus der Gleichung

$$K = \frac{4 P x^2}{1 - x^2}$$

berechnen, worin K eine bekannte Konstante, P der Gesamtdruck und x der gesuchte Dissoziationsgrad ist.

Prinzipiell kann atomarer Wasserstoff in der Weise erzeugt werden, daß man einen elektrischen Strom zwischen zwei Wolframelektroden, die sich in einem Alundumrohr befinden, hindurchgehen läßt und gleichzeitig Wasserstoffgas durchbläst. Bei 20 Amp. und 300—800 V kann ein Bogen von 2 cm Länge erhalten werden. Die Wasserstoffatome werden aus dem Bereich des Lichtbogens fortgeschleudert und brennen mit sehr heißer Flamme. Während die maximale Temperatur einer Knallgasflamme 3130° K., die eines Acetylen-Sauerstoffgemisches 3270° K. beträgt, ist die Maximaltemperatur für atomaren Wasserstoff 4030° K. Sie wird aber in praxi noch dadurch in die Höhe getrieben, daß die Spaltung der H_2-Moleküle ja nicht bei Zimmertemperatur erfolgt, vielmehr ist das Gas im Lichtbogen schon vorgewärmt. Die optimale Temperatur ist demzufolge viel höher als angegeben, sie dürfte 5000 bis 6000° K. betragen. Auch die Erhitzungsgeschwindigkeit einer Flamme aus atomarem Wasserstoff übertrifft diejenige anderer Flammen bei weitem, wie nachstehende Zusammenstellung zeigt[1]:

Flammenart	Erhitzungsgeschwindigkeit in Watt per 1 qcm
Gewöhnlicher Bunsenbrenner	51
Acetylenschmelzflamme	670
Flammen atomaren Wasserstoffs von	
20 Amp. und 100 V	580
40 „ „ 75 „	1000
60 „ „ 65 „	1300

Bezüglich der von dem atomaren Wasserstoffe an eine Oberfläche abgegebenen Energie ist von Interesse, daß z. B. von einer totalen Energie von etwa 6000 Watt ca. 53% an eine Kupferplatte abgegeben werden.

Infolge der genannten Eigenschaften hat atomarer Wasserstoff eine enorme reduzierende Wirkung auf Metalloxyde, wie WO_3, Fe_2O_3, CuO, ZnO, PtO_2. Die Schwärzung von WO_3 und ZnO kann sogar als Nachweis für atomaren Wasserstoff benutzt werden. Ferner lassen sich in einer solchen Gasflamme verschiedene Metalle, ja auch Metalloxyde schmelzen. Molybdän, Wolfram, Eisen schmelzen mit Leichtigkeit. Bei 60 Amp. Stromstärke kann Kalk, CaO, in geschmolzenem Zustande erhalten werden, wobei die Verdampfung sehr schnell erfolgt und das Spektrum mehrere Hundert Linien zeigt. Magnesiumoxyd, MgO, schmilzt schwerer, Thoriumoxyd verdampft sehr schnell. Auf ihren Siedepunkt lassen sich aber die Metalle aus den bekannten physikalischen Gründen nicht bringen: die durch die Verdampfung hervorgerufene Kühlung ist zu stark. Kohlenstoff konnte bisher mit atomarem Wasserstoff nicht geschmolzen werden.

Ist es einerseits selbstverständlich, daß sich die Technik, vor allem die Löt-, Schweiß- und Metallschneidetechnik, früher oder später des atomaren Wasserstoffes für ihre Zwecke bemächtigen mußte, so dürfte anderseits klar sein, daß für eine erfolgreiche praktische Verwendung des Gases zwei Voraussetzungen erfüllt sein müssen: einmal genügende Mengen leicht zugänglichen Wasserstoffes, ferner aber bequeme, handliche und ungefährliche Apparate. Nachdem in den letzten Jahren die Gewinnung des Wasserstoffes, sei es durch Elektrolyse des Wassers, sei es aus Wasser- oder Koksofengas eine, auch apparativ hohe Vollkommenheit erreicht hat, ist die Beschaffung des Gases kein Problem mehr. Die General Electric Company z. B. verbraucht für die genannten Zwecke etwa 60000 cbm Wasserstoff im Monat. Das Gas wird elektrolytisch erzeugt und dann mittels eines Röhrensystems in die Arbeitsräume geleitet. Auch die Apparaturfrage kann heute als praktisch gelöst gelten. Sie besteht im wesentlichen aus

[1] General Electr. Rev. **1928**, 629ff.

[1] General Electr. Rev. **29**, 160 (1926).

winkelig zueinander eingestellten Elektroden und Röhren. Als Elektroden werden meistens Wolframstäbchen verwendet. Bezüglich weiterer Einzelheiten sei auf die Metallbörse **67**, 1855 (1928) verwiesen.

Eingang in die Technik fand der Wasserstoff zuerst zur Herstellung von Wolframfäden für elektrische Lampen. Heute wird reines Wolframmetall, sowie chemisch reines Molybdän, wie es in Radioröhren Verwendung findet, mittels atomaren Wasserstoffs erzeugt. Nachdem beispielsweise Wolframoxyd im Wasserstoffstrom reduziert ist, wird das Metallpulver zu Stangen gepreßt, die man im Wasserstoffstrom sintern läßt; dann schickt man mehrere Tausend Ampere hindurch, wodurch kompaktes Metall gebildet wird. Eine weitere Entwicklungsstufe ist das Metallschweißen und -schneiden, so daß heute in Amerika die großen Rahmengestelle, z. B. für Generatoren, nicht mehr aus Gußeisen hergestellt werden, sondern es wird gewalztes Eisen mit der „Wasserstoffsäge" in passende Formen zersägt, die dann, wieder mittels Wasserstoffes, zusammengeschweißt werden. So wird heute nur noch 1% der Rahmengestelle gegossen, 99% werden aus mittels Wasserstoff zerschnittenen und zusammengeschweißten Eisenplatten hergestellt. Sehr wichtig und interessant ist ferner das von COOLIDGE[1] eingeführte Löten von Stahl mit Kupfer im Wasserstoffstrom. Schon früher war bekannt, daß flüssiges Kupfer in Stahl einzudringen vermag, und zwar dringt es sogar zwischen die einzelnen mikroskopisch kleinen Stahlkrystalle, füllt also alle Räume luftdicht aus. Gleichzeitig aber nimmt das Kupfer Sauerstoff aus der Luft mit Leichtigkeit auf, so daß früher immer etwas Oxyd dem Stahl zugeführt wurde, wodurch später oft Korrosionen entstanden. Dieser große Nachteil fällt beimLöten im Wasserstoffstrom weg, denn der Wasserstoff desoxydiert alle Oberflächen, gleichwie die Wasserstoffatmosphäre allen Sauerstoff fernhält und, wenn das Kupfer schmilzt, dringt es infolge Capillarattraktion in die Verbindungsstellen ein, alle Winkel und Öffnungen ausfüllend und so eine feste Füllung bildend. Der Wasserstoff spielt also hier die Rolle eines Flußmittels. Es wurde ferner gefunden, daß bei hohen Temperaturen gesintertes Eisen- oder Wolframpulver im Wasserstoffstrom große Mengen geschmolzenen Kupfers absorbiert; für die Praxis ist das von großer Bedeutung, wenn es notwendig ist, die Wärme- und elektrische Leitfähigkeit des Kupfers mit der Härte und schweren Schmelzbarkeit des Wolframs zu verbinden. Beachtenswert ist aber die Tatsache, daß kalter atomarer Wasserstoff im Gegensatz zum molekularen, leicht in Stahl diffundiert; dadurch wird nämlich der Ermüdungswert des Stahls stark herabgesetzt, und es fragt sich, ob nicht die schnelle Ermüdung von Motoren auf solche Vorgänge zurückzuführen ist. Infolge seiner leichten Diffundierbarkeit kann jedoch Wasserstoff zum Wegführen von Wärme, mit anderen Worten: als Kühlmittel mit Erfolg angewandt werden. Hier leistet das Gas bessere Dienste als Luft. Daß schließlich die Wasserstoffflamme auch von Glasbläsern für die Bearbeitung schwer schmelzbaren Glases benutzt wird, sei der Vollständigkeit halber erwähnt.

So hat also die Metall- sowie die elektrotechnische Industrie äußerst vielseitige Anwendungsmöglichkeiten für Wasserstoff, entweder in seiner molekularen oder seiner atomaren Form, oder kombiniert, wobei die Eigenschaften und Vorzüge dieser und jener in sinnreicher Weise ausgenützt werden können.

H. PINCASS.

[1] Iron Age v. 10. Mai 1928.

Die Gewinnung von Brom aus Meerwasser. In der Chemie geht heute die Tendenz vielfach dahin, seltene und kostbare Elemente den Ozeanen zu entziehen. Sind sie darin allerdings in allzu geringen Mengen vorhanden, wie das Gold, so ist ein solches Verfahren natürlich nicht lohnend. Dagegen haben z. B. die Kalisalze des Toten Meeres begründete Aussicht, in industriellem Maßstab ausgebeutet zu werden.

Was das Brom anlangt, das im Meerwasser durchschnittlich in Mengen von 0,006% enthalten ist, so hatte man bis vor einigen Jahren an seine Gewinnung hieraus nicht zu denken brauchen, weil die bisherigen Produktionen den Bedarf reichlich gedeckt haben. Diese Sachlage hat sich erst verändert, als man für das Brom eine neue industrielle Verwendung gefunden hat, nämlich als Zusatz in Form von Äthylenbromid zu dem bekannten Anti-Klopfmittel Bleitetraäthyl. Im Hinblick auf die stets steigende Fabrikation dieses Präparates hat schon vor 3 Jahren der Franzose CHAMAGNE[1] eine Methode zur Gewinnung des Broms aus Meerwasser angegeben. Dieses Verfahren beruht darauf, daß man das Element zuerst durch Chlor in Freiheit setzt und es dann, da es leicht in Luft diffundiert, mittels eines heißen Luftstromes in 40proz. Natronlauge oder über Eisenspäne streichen läßt. Auf diese Weise entstehen stabile Bromsalze, die weiter verarbeitet werden können. Unseres Wissens wird dieses Verfahren nicht angewendet; abgesehen von technischen Schwierigkeiten scheint es nicht ökonomisch zu arbeiten.

Günstigere Aussichten auf praktische Verwertbarkeit bietet dagegen die unlängst publizierte Methode von STINE[2], die sich übrigens wie manches, was jetzt aus Amerika kommt, durch eine gewisse Originalität auszeichnet. Nach diesem Verfahren wird das im Meere befindliche Bromion zunächst gleichfalls durch Chlor in seine Molekularform verwandelt, jedoch wird es gleichzeitig unter der Einwirkung von Anilin als solchem oder Anilinsalz als Tribromanilin gebunden, ein Vorgang, der sich gemäß der folgenden Gleichung abspielt:

$$3\,Br^- + 3\,Cl_2 + C_6H_5NH_2 \rightarrow C_6H_2Br_3NH_2 + 3\,H^+ + 6Cl^-$$

Man sieht, daß hierbei infolge von Hydrolyse in der stark verdünnten Lösung sich unterchlorige, auch unterbromige Säuren bilden können, die das Reaktionsprodukt zu oxydieren vermögen. Um diese schädliche Wirkung zu vermeiden, setzt man Schwefelsäure hinzu und erzeugt so künstlich einen Überschuß an H-Ionen, die die Hydrolyse stark zurückdrängen. Eingehende Versuche haben gezeigt, daß für eine größtmögliche Ausbeute nachstehende optimale Bedingungen vorliegen müssen: Das Verhältnis Anilinsalz, Bromion, Chlor soll entsprechend obiger Gleichung 1 : 3 : 6 sein. Die verwendete Menge H_2SO_4 soll im Verhältnis 200 Teile auf 1 Million Teile Meerwasser stehen, in welchem Falle sich (bei 15° C) eine Hydrolyse von nur 11,7% ergibt. Die Hinzusetzung der Reagenzien hat in nachstehender Reihenfolge zu geschehen: Säure, Chlor, Anilin, und zwar jedes Reagens in maximaler Verdünnung, wobei für sehr schnelle Vermischung Sorge zu tragen ist. Anilinsalz — man nimmt zweckmäßig das Sulfat — hat vor Anilin die Vorteile, daß eine Lösung daraus leicht herstellbar ist, und daß diese die Hydrolyse weniger fördert als eine verdünnte Lösung von Anilin.

Obiges Verfahren wird in Amerika zur Zeit in größerem Maßstabe ausprobiert, derart, daß die gesamte Apparatur in einem Schiff untergebracht ist.

H. PINCASS.

[1] Industrie Chimique **13**, 494 (1926).
[2] Industrial a. Engineering Chem. Mai 1929.

Das Verfahren der Strohaufschließung und der Nährwert des aufgeschlossenen Strohes. (F. HONCAMP, Cellulosechemie **8**, Nr. 8, S. 81—91. 1927.) Die Strohaufschließung bezweckt, die von Haus aus nur geringe Verdaulichkeit des Strohes durch Behandlung mit chemischen Agenzien zu erhöhen. Bei allen Stroharten bilden die stickstoffreien Extraktstoffe und die Rohfaser die Hauptbestandteile. Letztere stellt ein Gemenge dar, welches aus reiner Cellulose mit Derivaten der Kohlehydrate und mit eingelagerten Methyl-, Methoxyl-, Acetyl- und Formylgruppen besteht, also mit Körpern, denen ein höherer Kohlenstoffgehalt als der reinen Cellulose zukommt. Man unterscheidet bei der Rohfaser 3 Hauptbestandteile, nämlich die Cellulose, die Pentosane und die inkrustierenden Substanzen, welch letztere, wie z. B. das Lignin, hauptsächlich der aromatischen Gruppe angehören dürften. Der Menge nach überwiegt in der Rohfaser der Futtermittel die Cellulose. Bei der Strohaufschließung soll letztere in eine für den tierischen Organismus resorbierbare Form überführt werden. Eine Verdauung der Cellulose in chemisch-physiologischer Beziehung gibt es nicht. N. ZUNTZ hat als erster darauf hingewiesen, daß das wesentlichste Lösungsmittel der Cellulose im Darmkanal die durch niedere Organismen bedingten Zersetzungsprozesse seien. Nach TAPPEINER kommt der Rohfaser überhaupt keine Nährwirkung zu. Demgegenüber hat O. KELLER auf Grund von Respirationsversuchen mit Ochsen gezeigt, daß aus 1 kg verdauter Rohfaser, in Form fast reiner Cellulosegaben, 240 g, aus der gleichen Menge verdauter Stärketeile 233 g Fett gebildet werden. Hiernach muß angenommen werden, daß nicht die Rohfaser als solche, soweit ihre chemische Zusammensetzung, Verdaulichkeit usw. in Frage kommt, den Nährwert herabsetzt, sondern daß der Produktionswert eines Futterstoffes hauptsächlich von der physikalischen Beschaffenheit seines Zellgewebes und von der Anwesenheit unverdaulicher, sog. inkrustierender Substanzen abhängt. Die Strohaufschließung bezweckt zunächst eine möglichst weitgehende Herauslösung und Entfernung der Inkrusten und eine Lockerung der Verbindung der Cellulose mit ihren Begleitsubstanzen. Dieses Ziel läßt sich durch Behandlung des Strohes mit Alkalien (Ätznatron, Ätzkalk usw.) mit und ohne Zufuhr von Wärme bzw. Druck erreichen. Dagegen hat die Aufschließung von pflanzlichen Rohstoffen vermittels Salzsäure zu keinen Ergebnissen geführt. Die ursprüngliche Strohaufschließung nach F. LEHMANN erfolgte durch Kochen mit Ätznatronlösung von verschiedener Konzentration, und zwar mit und ohne Druck. Später hat dann F. BECKMANN gezeigt, daß sich ein Strohaufschluß mit Ätznatron auch bei Kälte in gleich guter Weise durchführen läßt. Das gleiche gilt für die Strohaufschlüsse mit Soda und Ätzkalk. Die Aufschließbarkeit der verschiedenen Stroharten ist ungleich. An erster Stelle steht das Getreidestroh, an letzter das Leguminosenstroh, und etwa in der Mitte zwischen beiden das von Raps und Rübsen. Der Wert des aufgeschlossenen Strohes als Futtermittel für Pferde und Wiederkäuer ist durch zahlreiche praktische und wissenschaftliche Versuche einwandfrei erwiesen worden. Es steht fest, daß sich durch die Aufschließung des Strohes für diese Tiergattungen ein Futtermittel gewinnen läßt, welches je nach Strohart, Laugenkonzentration, Temperatur, Druck usw. hinsichtlich seines Stärkewertes einem Wiesenheu, einer Kleie, ja sogar einem wirklichen Kraftfuttermittel entsprechen kann. Zur Verfütterung an Schweine eignet sich dagegen das aufgeschlossene Stroh nicht. (Ber. Physiol. **43**, H. 11/12). HONCAMP.

Über die klimatischen Verhältnisse des Eisfjordgebietes. Beitrag zu den „wissenschaftlichen Ergebnissen einer bodenkundlichen Forschungsreise nach Spitzbergen im Sommer 1926". Von HANS MORTENSEN. Chemie der Erde **3**, 611 ff. (1928). Der Verfasser unterstellt seine Untersuchung dem Zwecke bodenkundlicher Forschung. Infolgedessen kommt es ihm weniger auf die Erforschung großer klimatischer Zusammenhänge an, wozu das statistische Material von GREEN HARBOUR, auf das er sich hauptsächlich stützt, räumlich und zeitlich zu beschränkt ist. Auf der Grenze zwischen dem Hochdrucksattel des eisbedeckten Polarbeckens und dem isländischen Tiefdruckgebiet gelegen, weist Spitzbergen hinsichtlich der Temperatur und Luftdruckunterschiede eine sommerliche Wetterlage von ziemlicher Gleichmäßigkeit auf, während der Winter durch zahlreiche Zykloneneinbrüche und damit durch Unbeständigkeit gekennzeichnet ist. Infolge der Einwirkung des Golfstroms hat wenigstens der westliche Teil der Inselgruppe den geringsten polaren Charakter unter fast allen Polargebieten. Für den besonderen Zweck der Untersuchung ist die Feststellung der Temperaturverhältnisse am wichtigsten, und zwar besonders des Temperaturganges. Die sommerliche Wärmemenge am Eisfjord ist zwar im Hinblick auf die hohe Breitenlage nicht unerheblich, aber doch als notwendige Bedingung für die Auslösung hydrolytischer Vorgänge recht gering. Gerade höhere Temperaturen kommen nur selten vor. Die Tagesamplitude ist im Frühling am stärksten und schwächt sich durch den Sommer und Herbst hindurch im ganzen ab. Da oft bis in den Juni hinein der Boden durch eine zusammenhängende Schneedecke geschützt ist, kann man nicht behaupten, daß Frühling und Herbst gegenüber dem Sommer die Jahreszeiten starker Gesteinssprengung durch Auftauen und Wiedergefrieren seien. Vielleicht kommen für die Gesamtwirkung in dieser Hinsicht Tauen und Frieren (Wechselfrosttage) weniger in Betracht als Temperaturunterschiede überhaupt, die das Volumen des Eises in den Spalten ändern. Die letztgenannten Vorgänge dürften dann bis weit in den Winter hinein wirken, da sich die Schneedecke meist erst in dessen zweiter Hälfte voll ausbildet. Da der Schnee zusammenhängend sehr lange aushält, oft bis in den Monat Juni, bleibt der Boden auch sommerlich stärker durchfeuchtet, als die geringen Niederschläge zu dieser Zeit vermuten lassen, in der zudem Nebel- und Wolkenbildung stark sind. Nach einer kurzen Erörterung der absoluten und relativen Luftfeuchtigkeit und der Luftbewegung kommt der Verfasser dazu, den Parallelverlauf der klimatischen Erscheinungen von GREEN HARBOUR mit denen der Adventbai und des Südufers des Eisfjords überhaupt zu bejahen. Interessant ist weiterhin, daß die mittlere Jahrestemperatur in ähnlicher Kurve verläuft wie die mittlere Bewölkung, die Niederschläge und die mittlere Windgeschwindigkeit. Damit wird der Zusammenhang gefunden mit Ergebnissen von Untersuchungen, die MEINARDUS für die Antarktis angestellt hat. Alles in allem sind die Forschungen des Verfassers für das engbegrenzte Arbeitsgebiet so weit gefördert worden, wie es mit dem immerhin noch spärlichen Beobachtungsmaterial möglich war. A. BURCHARD.

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: Dr.-Ing. e. h. DR. ARNOLD BERLINER, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig.